

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

*Національний технічний університет
України «Київський політехнічний інститут»*

Харківський національний університет радіоелектроніки

*Національний науковий центр
«Інститут метрології»*

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
АВТОМАТИКИ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ**

Матеріали II Всеукраїнської
науково-технічної конференції

10-11 грудня 2015 року

Харків

2015

УДК 681.5
ББК 32.96

Організаційний комітет:

Голова - проф. Сокол Євген Іванович, НТУ «ХПІ»
Заступник голови - проф. Марченко Андрій Петрович, НТУ «ХПІ»
Заступник голови - проф. Гапон Анатолій Іванович, НТУ «ХПІ»
Секретар - доц. Чуніхіна Тетяна Віталіївна, НТУ «ХПІ»

Редакційна колегія:

П.О. Качанов, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»
С.І. Кондрашов, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»
Г.М. Сучков, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»
О.Г. Гриб, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»
О.Л. Резинкін, д.т.н., с.н.с., НТУ «ХПІ»
А.В. Кіпенський, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»
Д.А. Дзюбанов, к. ф.-м.н., доц., НТУ «ХПІ»

Видається за рішенням Вченої ради НТУ «ХПІ»
(протокол № 10 від 27.11.2015)

**С 59 Актуальні проблеми автоматики та приладобудування: матеріали
Всеукр. наук.-техн. конфер., 10-11 грудня 2015 р. / Є.І. Сокол
(голова оргком.) – Х.: ТОВ «В справі», 2015. – 211 с.**

ISBN 978-617-7305-01-8

У збірнику представлено теоретичні та практичні результати досліджень і розробок, які виконані викладачами вищої школи, студентами, аспірантами, науковими співробітниками різних організацій та підприємств.

Для викладачів, студентів, наукових співробітників, фахівців.

В сборнике представлены теоретические и практические результаты исследований и разработок, выполненных преподавателями высшей школы, студентами, аспирантами, научными сотрудниками различных организаций и предприятий.

Для преподавателей, студентов, научных сотрудников, специалистов.

ISBN 978-617-7305-01-8

УДК 681.5
ББК 32.96
© **Є. І. Сокол**

СЕКЦІЯ 1. АВТОМАТИКА ТА УПРАВЛІННЯ В ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО СКЛАДУ «НОВОЇ ПОШТИ»

Ащепкова Н.С., Марцинкевич О. П.
*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара
пр. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, Україна, 49010,
E-mail: ashhepkova_natalja@rambler.ru*

Вступ. Склади – важливі ланки технологічного процесу промислових підприємств, а для пошти вони служать основою виробничих процесів. Тому для ефективної організації роботи складів «Нової пошти» необхідні сучасна організація, використання новітніх технологій, наявність кваліфікованих кадрів.

Основна складова оптимізації складських господарств – автоматизація бізнес-процесів, яка дозволяє ефективно керувати запасами, знижувати витрати при плануванні майбутніх перевезень, оптимізувати використання складських площ, підвищувати точність і оперативність обліку відправлень, а також продуктивність праці.

Постановка задачі. Автоматизація складського господарства підприємства «Нова пошта» включає комплекс заходів, а саме:

- оснащення складу необхідними технічними засобами;
- розробка й впровадження комплексної інформаційної системи, що автоматизує складську діяльність.
- зміну організації роботи складу відповідно до нових вимог (дозволяє скоротити тривалість і трудомісткість навантажувальних операцій, підвищити оперативність обліку й схоронність вантажу при транспортуванні).

На основі проведеного аналізу існуючого обладнання можна стверджувати, що можливо створити автоматизований склад пошти на базі електрокари Skiper SKJ 1516, оскільки вона є досить маневреною, компактною, що дозволяє використовувати її при розвантаженні автомобілів. Вантажопідйомність цієї кари становить 1000 кг, а стандартна палета пошти важить 800-900 кг. Електрокара оснащена трьома мотор-колесами, з яких переднє є ведучим, а бічні – відомими. Склад поділено на зони відповідно до кількості регіонів і присвоємо кожній зоні відповідний штрих-код, який записано у пам'яті мікроконтролера системи керування для контролю наявності і переміщень вантажу. У пам'ять контролера занесемо також програмний рух до кожної адресної зони. Тобто при зчитуванні штрих-кода електрокара починає рухатись згідно програми до преривання сигналу фотодіода, який сигналізує що кара досягла адресної зони.

Найбільш популярні й успішні інформаційні системи автоматизації складських процесів:

- система керування складом класу WMS (RFID, AVACCO, «Система №1», HighJump Warehouse Advantage, AWACS і т. ін.);
- система штрихового кодування;
- термінали.

На підприємстві «Нова пошта» використовується система штрихового кодування для забезпечення процесів керування складом і складання необхідної фінансової звітності.

Модернізація роботи складу відповідно до нових вимог передбачає створення зони тривалого зберігання пошти та зони особливих умов зберігання (холодильні та морозильні камери). Розроблено траєкторію руху кари таким чином, щоб кожна палета яка знаходиться на стелажі мала б дві точки доступу, це дозволяє скоротити час переміщення вільної кари по складу. Для зручності розвантаження автотранспорту передбачено відкритий дебаркадер, захищений від опадів тентом.

Доопрацювання системи керування дозволяє об'єднати існуюче обладнання у автоматизований склад пошти. Для забезпечення автоматизованої роботи електрокари пропонується застосування пристрою сполуки. Електрична схема пристрою сполуки складається з трьох транзисторних ключів, які керують обертальними моментами на кожному мотор-колесі електрокари. Перше колесо (привідне) змінює напрямок руху: вперед-назад, а друге і третє колесо змінюють напрямок обертання: вліво – вправо. Таким чином електрокара реалізує весь обсяг програмних рухів без допомоги водія. Це дозволяє зекономити кошти на оплату праці і забезпечити цілодобову обробку пошти.

Висновок. Система автоматизованого складу «Нової пошти» сприяє впровадженню передових методів організації виробництва, прискоренню оборотності оборотних коштів, зниженню собівартості перевезень. Рациональна організація складського господарства передбачає наявність достатньої кількості складських приміщень, їх оснащення, механізацію й автоматизацію складських робіт.

Список літератури

1. Корыгин А. М. Автоматизация типовых технологических процессов и установок [Учебник для вузов] / А. М. Корыгин, Н. К. Петров, Н. К. Радимов и др. – М. : Машиностроение, 1988. – 432 с.
2. Блехерман М. Х. Гибкие производственные системы: организационно-экономические аспекты [Текст] / М. Х. Блехерман – М. : Экономика, 1988. – 221 с.
3. Дашенко А. И. Проектирование автоматических линий [Текст] / А. И. Дашенко, А. П. Белоусов. – М. : Высшая школа, 1983. – 328 с.
4. Пуховский Е. С. Технологические основы гибкого автоматизированного производства [Учебник для вузов] / Е. С. Пуховский. – К. : Вища школа, 1989. – 240 с.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ ПО ВИГОТОВЛЕННЮ ДЕТАЛЕЙ ТИСКОМ

Ащепкова Н.С., Панченко О. В.

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара

пр. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, Україна, 49010,

E-mail: ashhepkova_natalja@rambler.ru

Вступ. Пріоритетним напрямком у розвитку виробництва є механізація й автоматизація, впровадження нової техніки й методів роботи. Розглянуто автоматизацію виробництва елементів декору (стельовий плінтус, карниз, розетка і т. ін.) із екструдированого пінополістіролу.

На дільниці для виробництва елементів декору використовуються формовочні машини «Аккауа Макіна», котел та вспінювач. Виробничий процес забезпечується місцями складання сировини та готової продукції. Технологічна лінія, завдяки високоточним декоративним матрицям компанії Michel (Німеччина), забезпечує чіткість і детальність складного візерунку, а також точність стиків між елементами яка створює ілюзію цілісності декору. In-mould skinning технологія дозволяє значно зменшити час циклу виготовлення деталей та значно знизити собівартість.

Постановка задачі. Система керування дільниці має забезпечити узгоджені дії технологічного обладнання (формовочної машини, котла і вспінювача), допоміжного обладнання (електрокари, рольгангів, захватів) і складської системи під керівництвом диспетчера.

Впровадження автоматизованої системи керування дільницею обумовлює:

- 1) керування діями людей і техніки в режимі реального часу;
- 2) налаштування тиску формоутворення формовочної машини в залежності від характеристик суміші (температура і пластичність) для забезпечення якості виробів.
- 3) контроль залишків та відстеження пересування сировини і продукції між виробничою дільницею й складами в режимі реального часу;
- 4) захист від несанкціонованого проникнення в систему (зміни в технологічний процес та базу даних можуть вносити робітники які мають відповідний пароль доступу);
- 5) моделювання технологічного процесу та складських операцій;
- 6) забезпечення виконання вимог охорони праці (аварійне вимикання рухомих елементів обладнання).

Система керування дільницею побудована на базі мікроконтролера AT91SAM7S256. До складу системи входять ультразвукові датчики для виявлення дефектів: невідповідностей деталі і матриці, тріщин, раковин, повітряних бульб. Для оцінки якості зернистості матеріалу виробу використовується фотографування торцевих зрізів деталі.

Моделювання є найбільш ефективним способом підбору оптимальних параметрів технології виробництва й процесу керування.

Практика показує, що для керування виробництвом використовують два типи моделей:

– розрахункову модель балансу ресурсів (потужностей) виробництва і технології. Розрахункова модель будується для одного повного технологічного циклу виробництва (добы) на базі детального планування виробництва з розміткою всіх технологічних зон і потоків товарів, що рухаються між ними.

– імітаційну модель технологічного процесу. Імітаційне моделювання дозволяє врахувати всі імовірнісні параметри потоків у часі й провести моделювання не одного дня, а досить тривалого періоду - аж до цілого року роботи виробництва.

Імітаційне моделювання системи керування виробничої ділянки в середовищі Matlab дозволяє проаналізувати й вдосконалити технологію виробництва, а саме:

- вибрати найбільш ефективну технологію;
- визначити необхідну кількість техніки;
- визначити необхідну кількість робочої сили;
- визначити потрібні площі зон виробництва;
- планувати процедури й графіки виконання операцій;
- підрахувати витрати виробництва й оптимізувати їх.

Висновок. Імітаційне моделювання системи керування виробничої ділянки допоможе знизити витрати часу, підвищити продуктивність праці й, відповідно, прибуток підприємства.

Можливе вдосконалення системи керування виробництвом зі складанням необхідної технологічної документації і фінансової звітності.

Список літератури

1. Корягин А. М. Автоматизация типовых технологических процессов и установок [Учебник для вузов] / А. М. Корягин, Н. К. Петров, Н. К. Радимов и др. – М. : Машиностроение, 1988. – 432 с.
2. Дашенко А. И. Проектирование автоматических линий [Текст] / А. И. Дашенко, А. П. Белоусов. – М. : Высшая школа, 1983. – 328 с.
3. Пуховский Е. С. Технологические основы гибкого автоматизированного производства [Учебник для вузов] / Е. С. Пуховский. – К. : Вища школа, 1989. – 240 с.
4. Матусов К. Н. Имитационное моделирование дискретных технологических систем для ситуационного управления производством функциональных устройств [Текст] / Матусов К. Н. – Воронеж : ВГТУ, 2003. – 145 с.

ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Волынец Л.В., Либерг И.Г.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

В тестировании программного обеспечения существует ряд задач, которые являются трудоемкими и громоздкими, а, следовательно, они требуют автоматизации. Одной из таких задач тестирование программного обеспечения. Тестовые наборы создаются на основе определенных критериев согласно заданным спецификациям программы. Суть проблемы состоит в том, чтобы автоматически получать набор значений переменных, которые бы позволили протестировать программу в соответствии с определенным критерием тестирования. В нашем случае был выбран критерий С1 - критерий тестирования ветвей программы. Следовательно, задача заключается в том, чтобы автоматически получать набор значений, которые бы позволили отрассировать каждое ветвление программы. Полнота тестирования определяется покрытием ветвей программы.

В данном докладе содержится краткий обзор методов тестирования.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать возможности расширенных конечных автоматов для создания модели тестируемой программы на основе управляющего графа, и применить генетические алгоритмы для автоматизации тестирования. Например, имеется код программы, которая по значению целого числа должна печатать его простую характеристику – ноль это, четное или нечетное число, положительное или отрицательное.

```
1 string s= "";  
2 if (n == 0)  
3     s= "ноль";  
4 if (n%2 == 0)  
5     s+= "четное ";  
6 else s+= "нечетное";  
7 if (n > 0)  
8     s+= "положительное";  
9 else s+= "отрицательное";
```

Управляющий граф программы (УГП) на рисунке 1 конечного расширенного автомата и отображает поток передачи управления программы. Нумерация узлов графа совпадает с нумерацией строк программы.

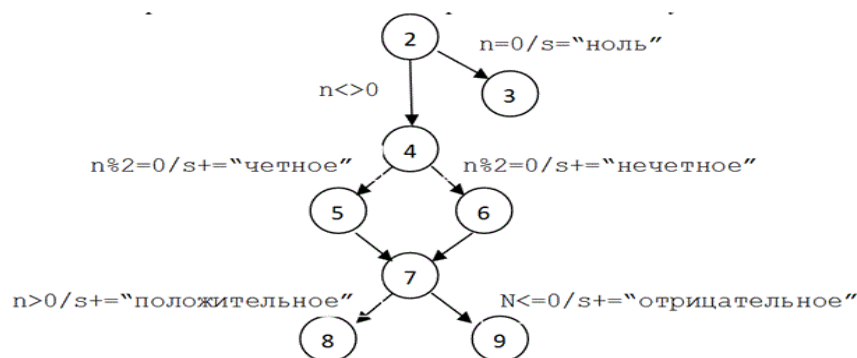


Рисунок 1 – Конечный расширенный автомат.

Автомат реагирует на события и выполняет переходы в зависимости от значений переменных автоматной модели, которые используются в охранных условиях на переходах.

Последовательность событий однозначно определяется по последовательности переходов. Сложнее подобрать значения переменных – они должны удовлетворять ряду требований. Во-первых, охранные условия на всех переходах в описанном пути должны быть выполнены. Во-вторых, все требования спецификации объектов управления должны выполняться, так как при реальном использовании значений этих переменных будут приходиться из объектов управления с данными спецификациями. В предложенном подходе генетические алгоритмы применяются для решения задачи поиска набора значений, при котором будет выполнен заданный путь в расширенном конечном автомате.

В докладе проиллюстрированы такие достоинства как: Удобство использования расширенных конечных автоматов для построения модели тестируемой программы. Автоматизация поиска значений внешних переменных при помощи применения генетических алгоритмов. Таким образом, генетические алгоритмы могут быть эффективно использованы для тестирования программ. Однако этот вопрос нуждается в дополнительных экспериментальных исследованиях и теоретической доработке.

Список литературы

1. Wegener J. Automatic test data generation for structural testing of embedded software systems by evolutionary testing / Wegener J., Buhr K., Pohlheim H. // In Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO 2002). NY: Morgan Kaufmann. 2002, P. 1233-1240.
2. Pargas R. P. Test-data generation using genetic algorithms / Pargas R. P., Harrold M. J., Peck R. R. // December 1999. – P. 263-282.
3. Кулямин В.В. Тестирование на основе моделей [Текст] / Кулямин В.В. – М. : Институт Системного Программирования РАН, 2008. – 111 с.

ПОСТРОЕНИЕ АППРОКСИМИРУЮЩЕЙ ПЛОСКОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НАД ТЕПЛОВЫМ ОБЪЕКТОМ

Евсеенко О. Н.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», каф. автоматики и управления в технических системах, г. Харьков, E-mail: sendmeyouremail@mail.ru

Нередко после серии проведенных экспериментов возникает проблема обработки полученных массивов данных для дальнейшего изучения исследуемого объекта, например, для поиска экстремума функции.

После проведенных экспериментов по получению переходных характеристик [1] над объектом управления [2] с мощностью нагревателя, равной 5 Вт, 11.25 Вт, 15.87 Вт, 25 Вт, с длительностью импульсов от 50 с до 200 с с дискретностью измерений, равной 10 с, получен массив данных, представляющий собой зависимость изменения температуры теплового объекта от изменения мощности нагревателя и длительности импульса.

Для построения аппроксимирующей плоскости используется метод наименьших квадратов (МНК) [3]. По полученным данным были выбраны 6 точек с различными значениями длительностей импульсов и ошибкой регулирования, равной отношению значения перерегулирования к заданному значению температуры (табл. 1).

Таблица 1 – Зависимость точности измерений (Z) от мощности нагревателя (X, Вт) и периода дискретизации (Y, с)

№ точки	X, Вт	Y, с	Z
1	11.25	200	1.4/1.25
2	25	170	3.6
3	5	80	0.4/0.15
4	15.87	150	1.9/1.2
5	5	200	3/4
6	5	100	5/3

Построенный по точкам график (рис. 1) не дает точного представления о критических точках исследуемого объекта, поэтому проведена аппроксимация с помощью плоскости второго порядка, уравнение которой имеет вид (1).

$$z = a \cdot x^2 + b \cdot y^2 + c \cdot x \cdot y + d \cdot x + f \cdot y + g \quad (1)$$

Полученное уравнение плоскости имеет вид (2)

$$z = \frac{147}{22063} \cdot x^2 + \frac{9}{26449} \cdot y^2 - \frac{48}{105367} \cdot x \cdot y + \frac{89}{2117} \cdot x - \frac{334}{3065} \cdot y + \frac{1487}{165} \quad (2)$$

Рассчитанные значения невязок указывают на полное соответствие аппроксимированной плоскости исходным данным.

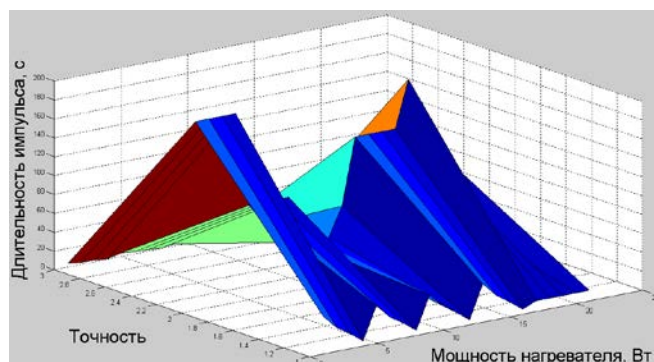


Рисунок 1 – Плоскость по заданным точкам из табл. 1

Результат полученной плоскости с заданными параметрами сетки в диапазоне от 0 с до 200 с шагом 0.1 с для значений мощности нагревателя и длительности импульса по полученной функции представлен на рис. 2.

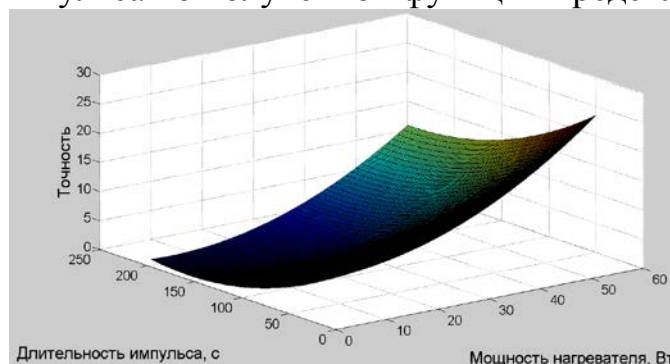


Рисунок 2 – Плоскость по заданной сетке

Вывод: В работе описаны результаты обработки экспериментов по получению переходных характеристик. Рассчитанные данные по полученной аппроксимированной плоскости показали точное соответствие исходным данным. Для исследования параметров объекта управления, например, поиска экстремума, следует проводить аппроксимацию с помощью плоскости второго порядка.

Список литературы

1. Балакирев Е. Г. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления [Текст] / В. С. Балакирев, Е. Г. Дудников. А. М. Цирлин. – М. : Энергия, 1967. – 232 с.
2. Качанов П. А. Поддержание заданной температуры инерционного объекта с использованием ШИМ-регулирующего с предсказанием / П. А. Качанов, О. Н. Евсеенко // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2014. – № 67 : Автоматика и приборостроение : темат. вып. – С. 18-28.
3. Цирлин А. М. Вариационные методы оптимизации управляемых объектов [Текст] / А. М. Цирлин, В. С. Балакирев, Е. Г. Дудников. – М. : Энергия, 1976. – 448 с.

МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ ОШИБОК В БЕСПЛАТФОРМЕННЫХ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Запорожский В. В.¹⁾, Караман Д. Г.²⁾

¹⁾ *НТУ «ХПИ», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002, valikz_93@mail.ru*

²⁾ *НТУ «ХПИ», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002, karaman.dmitry@gmail.com*

Среди множества методов ориентации в пространстве в последнее время мощный толчок в развитии получили системы инерциальной навигации [1]. Данные системы обладают неоспоримым преимуществом перед другими способами ориентации: всю необходимую информацию они могут получить от установленных непосредственно на объекте датчиков. А благодаря активному развитию электроники стоимость необходимых датчиков, обладающих приемлемыми характеристиками, значительно снизилась. К таким датчикам относят акселерометры, гироскопы, электронные магнитометры и барометры. И их сейчас можно встретить в большинстве мобильных устройств, игрушек и даже в некоторых фонариках[2].

Однако, несмотря на широкое распространение и повсеместное применение этих методов навигации в пространстве, остается множество проблем из-за значительного влияния шумов на выходные показания датчиков [3]. Для гироскопа в результате воздействия естественных процессов характерен так называемый «дрейф нуля», а на этапе проведения предварительной вычислительной обработки показаний могут появляться ошибки, связанные с дискретностью вычислительной системы. Поэтому данные с MEMS-датчиков необходимо подвергать фильтрации. Для выполнения этой операции можно выделить несколько подходов. Первый предусматривает фильтрацию значений, которые поступают непосредственно от датчика при помощи цифровых фильтров. Вторым способом предусматривает применение принципа избыточности, т.е. результат получается путем получения одного состояния от различных датчиков.

Ниже приведены несколько способов фильтрации, которые чаще всего применяют при получении данных об ориентации объекта в пространстве.

Самый простой и понятный – это альфа-бета фильтр. Его работа основана на том, что и акселерометр, и гироскоп позволяют по отдельности рассчитать ориентацию объекта относительно земли. Но в случае гироскопа точность таких расчетов снижается из-за дрейфа нуля и ошибок интегрирования. В случае же акселерометра слишком велика чувствительность к внешним воздействиям. Для взаимной компенсации

недостатков этих двух устройств можно объединить их показания. Сделать такое объединение позволяет комплементарный фильтр, работа которого определяется достаточно простым выражением:

$$a = (1 - K) \cdot gyr + K \cdot acc \quad (1)$$

где: a – отфильтрованный, результирующий угол наклона; gyr и acc – значения угла наклона, полученные при помощи гироскопа и акселерометра; K – коэффициент комплементарного фильтра.

Другой способ основан на фильтре Калмана. Данный фильтр нашел широкое применение при построении бортовых авиационных систем навигации. Зачастую он дает очень точные результаты, но обладает рядом недостатков: зачастую фильтр довольно сложен для синтеза; есть определенные требования к частоте дискретизации; большая вычислительная нагрузка на систему.

Одним из последних предложенных в научной литературе способов основан на фильтре Маджвика [4]. Это достаточно новая разработка, которая еще не успела себя зарекомендовать. Но согласно заявлениям автора данный фильтр имеет ряд преимуществ над всем остальными: требует малые вычислительные ресурсы; отсутствует жесткая привязка к частоте дискретизации; содержит не более двух параметров для настройки.

В работе представлены результаты экспериментальной проверки всех вышеперечисленных методов. Дана краткая характеристика каждого из методов, выполнен анализ сложности реализации и объем затрачиваемых ресурсов целевой системы, в том числе и вычислительных. Результаты проведенных исследований будут применены для системы навигации разрабатываемого самоходного робота.

Список литературы

1. М. Русских. Магнитометры: принцип действия, компенсация ошибок / Электронный журнал РАДИОЛОЦМАН, сентябрь 2012, – Режим доступа : <http://www.rlocman.ru/forum/kfilesmanager.php?do=downloadfile&dlfileid=311>.
2. Fabio Pasolini. МЭМС акселерометры, гироскопы и геомагнитные датчики революционно новый функционал потребительских устройств. Перевод статьи. / Электронный журнал РАДИОЛОЦМАН, июнь 2012, Режим доступа : <http://www.rlocman.ru/book/book.html?di=134466>.
3. Заметка о калибровке датчиков положения в домашних условиях. / Geektimes. Режим доступа : <http://geektimes.ru/post/262350/>
4. S. O. H. Madgwick. An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays. Режим доступа : http://www.x-io.co.uk/res/doc/madgwick_internal_report.pdf.

ЭФФЕКТ ПРОЕКЦИИ ПАНИНИ КАК СРЕДСТВО УМЕНЬШЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИСКАЖЕНИЙ

Качанов П.А., Зуев А.А., Яценко К.Н.

*Национальный технический университет «ХПИ», кафедра
«Автоматика и управление в технических системах»,
ул. Фрунзе 21, г. Харьков, Украина, 61002*

Имитационно-тренажерные комплексы военной техники представляют собой системы реального времени, алгоритмы и методы которых оптимизированы на потребление малых вычислительных ресурсов при удовлетворении своих функциональных параметров. Система визуализации таких комплексов, которая направлена на создание реалистичных изображений внекабинной обстановки, является главным потребителем ресурсов предоставляемых центральным процессором и графическим ускорителем вычислительной системы. В свою очередь, создание визуальных эффектов для таких систем так же требует учета затрачиваемых ресурсов на выполнение алгоритмов.

Создание различных визуальных эффектов направлено в первую очередь на улучшение взаимодействия между оператором (экипажем боевой машины) и тем окружением, которое воспроизводит система визуализации тренажерного комплекса. Для визуализации трехмерной сцены на плоском экране необходимо ее преобразование в двумерное изображение. Классическая перспективная проекция, применяемая в компьютерной графике, при угле обзора больше 60 градусов создает периферические искажения и сверху удаляет предметы сцены расположенные вдали. Как показано в работе [1], проекция Панини позволяет значительно повысить информативность синтезируемого изображения благодаря изменению пространственных искажений, заложенных в ее модели, с углом обзора 75 – 120 градусов.

Проведена практическая реализация эффекта проекции Панини, как метода уменьшения перспективных искажений (Рис.1). Эффект был реализован в виде микропрограммы для графических ускорителей и, ввиду малых вычислений, может использоваться в системах визуализации реального времени без существенных вычислительных затрат.

Перспективные искажения, которые увеличиваются с ростом угла обзора FOV, значительно уменьшены. Вся сцена немного приближенна, а пространство сцены вблизи вогнуто к наблюдателю – результат создания двух боковых точек проекции – не влияет на общую интерпозицию объектов.

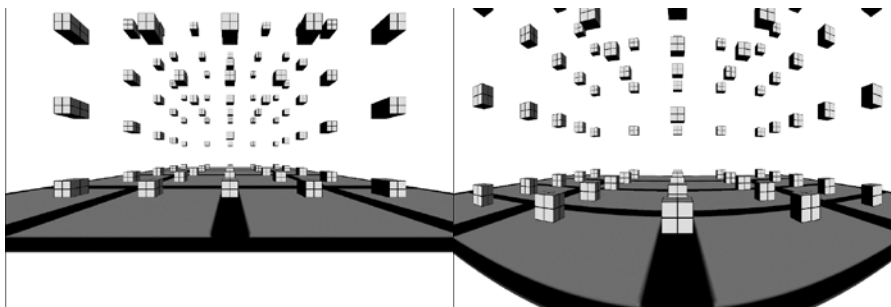


Рисунок 1 – Уменьшение перспективных искажений для $FOV = 120^\circ$

При перемещении камеры вида следует подчеркнуть гладкость создаваемого динамического изображения, отсутствие каких-либо резких переходов. Таким образом, поверхность параболического цилиндра, ввиду его оптических свойств, можно использовать для проецирования изображений проектора, что так же позволит уменьшить искажения при больших углах обзора.

Чем дальше от центра в картинной плоскости (вверх или вниз) расположены объекты, тем сильнее проявляются искажения. Однако, в свою очередь, эти искажения показывают наблюдателю (оператору) на какую поверхность проецируется сцена, поскольку новые искажения отображены в плоскости полностью доступной для наблюдения. При необходимости (особенно вблизи), на основе этого, оператор имеет возможность, исходя из знания характера искажений, оценить исходную форму объектов.

Большинство существующих систем визуализации имитационно-тренажерных комплексов военной техники ограничивают угол обзора оператора в пределах 60 градусов, а предложенный метод позволяет расширить его до 120 градусов с приемлемым качеством изображения. Модель также хорошо работает и с большими углами, однако, ввиду выбранного метода реализации, увеличивается зернистость изображения и ухудшается его качество.

Используя поверхность параболического цилиндра в качестве проекционной, для проекторов, также можно уменьшить перспективные искажения изображений с большим углом обзора.

Для повышения качества результирующего изображения дальнейшие исследования планируется проводить в плане улучшения метода реализации – получения и преобразования исходного изображения.

Список литературы

1. Качанов, П.А. Анализ восприятия пространства в проекции Панини и ее применение в компьютерной графике [Текст] / П.А. Качанов, А.А. Зуев, К.Н. Яценко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – Т.4, №2(76). – С.36-43.

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ И ОСОБЕННОСТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

Крылова В.А.

НТУ «ХПИ», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

vika_hpi@mail.ru

В настоящее время при выборе помехоустойчивого кодера его параметры должны быть согласованы с источником сообщения, каналом связи, а также требованиями, предъявляемыми к достоверности доведения информации до получателя. Однако сложно заранее выбирать параметры кода, если качество канала связи неизвестно, а иногда вообще оно может изменяться в процессе эксплуатации системы. Параметры помехоустойчивого кода выбирают исходя из некоторого «среднего» состояния канала связи, что приводит к уменьшению скорости передачи информации, из-за большей избыточности кода. Это может приводить к потере связи при использовании кодов, параметры которых остаются постоянными и не рассчитаны на значительное ухудшение качества канала. Одним из путей устранения этого недостатка является использование систем адаптивного кодирования с автоматической и целенаправленной коррекцией параметров кода по мере изменения качества канала, обеспечивая при этом заданную вероятность доведения сообщения при минимальной избыточности помехоустойчивого кода.

Таким образом, в области унифицированных средства защиты информации существует необходимость в разработке универсальных систем защиты на основе методов адаптивного кодирования. Которые допускают изменения характеристик системы передачи по двум измерениям: энергетический выигрыш за счет кодирования и скорость передачи. При адаптивном кодировании необходимо решить следующие основные задачи: определить качество состояния информационного канала связи; принять решение об изменении значений параметров кодера и декодера, для обеспечения заданной вероятности доведения сообщения при минимальной избыточности кода; установить новые параметры кода в кодирующем и декодирующем устройстве.

Основными параметрами помехоустойчивого кода являются блоковая длина (блоковые коды) или длина кодового ограничения (свёрточные коды) и скорость кода[51]. Однако изменение параметров кода не всегда гарантирует необходимое минимальное кодовое расстояние, и помехоустойчивость может ухудшиться. Т.к. алгоритмы кодирования и декодирования некоторых кодов привязаны к структуре порождающих и проверочных полиномов кода, не все помехоустойчивые коды могут легко менять свои параметры.

Также существует способ расширения любого двоичного (n, k, d) кода до кода со значением $d_{\min} = d + 1$, с помощью добавления к каждой

кодовой комбинации результата суммирования по модулю 2 всех ее символов. Такое повторение кодовых комбинаций обеспечивает повышения минимального расстояния до двух, но при этом скорость кода снижается в два раза. Как правило, такие коды с коррекцией параметров, на приёмной стороне декодируются с помощью алгоритма списочного декодирования, который обеспечивает лучшее соотношение между сложностью и вероятностью ошибки, чем другие алгоритмы.

Для построения адаптивных систем кодирования среди помехоустойчивых кодов наибольший интерес представляют совместимые по скорости, перфорированные сверточные коды (Rate Compatible Punctured Convolutional Codes – RCPC) и гнездовые (вложенные) свёрточные коды (Nested Convolution Codes–NCC). Гнездовые свёрточные коды представляют собой набор кодов со скоростью $R = 1/(n+1)$, которые являются производными от сверточного кода скорости $R = 1/(n+1)$, с помощью поиска лучших генераторных последовательностей $G_{n+1}(D)$. Таким образом, используя технологию разложения материнского свёрточного кода на систему гнездовых (вложенных) свёрточных кодов, можно получить широкий набор кодовых соотношений (ЭВК), при этом сохраняя структуру и алгоритм кодирования материнского кода. Синтез гнездовых свёрточных кодов, а также их свойства в настоящее время изучаются, также остается открытым вопрос о декодировании гнездовых свёрточных кодов. Однако представляет интерес построение адаптивной системы кодирования, на основе RCPC и NCC кодах, которая допускает изменения по двум измерениям: получение требуемой величины выигрыша за счет кодирования и обеспечение различных требований к информационной и канальной скорости.

Список литературы

1. Жидков И.А. Оценка состояния канала связи по результатам декодирования помехозащищенного кода [Текст] / И.А.Жидков, А.В.Левенец, Ен Ун. Чье. – Х. : Измерительная техника, 2009. – №3(21).
2. Крылова В.А. Оценка информационного состояния канала связи в адаптивных системах кодирования/декодирования [Текст] / В.А. Крылова // Вестник НТУ «Харьковский политехнический институт». – Харьков. : НТУ «ХПИ», 2013. – №8(982). – С. 57
3. Cherubini G. Algorithms for communications systems and their applications/ Cherubini G., Benvenuto N.// Wiley. – 2003.
4. Dieterich H. Partitioning of Convolutional Codes and Applications/ Dieterich H. // Fortschritt-Bericht, VDI R. 10, 2000.
5. Jordan R., Johannesson R., Bossert M. On Nested Convolutional Codes and their application to woven codes/ Jordan R.// IEEE Trans on Inform Theory, Volume 50 Issue 2, February, 2004.– P. 380-384.

ЧЕСАЛЬНА УСТАНОВКА З СИСТЕМОЮ РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТВАРИНИ

Кулаков П.І.¹⁾, Гнесь Т.В.²⁾

¹⁾ *Вінницький національний технічний університет, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, kulakovpi@gmail.com*

²⁾ *Вінницький національний технічний університет, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, tata-1990@mail.ru*

Чесальні установки широко використовуються у сучасних доїльно-молочних відділеннях тваринницьких ферм при безприв'язному утриманні тварин. Вони забезпечують підвищення комфорту тварини, збільшують середній добовий удій, зменшують стресовий стан тварини, зменшують втрати на лікування тварин та ремонт стійлового обладнання. Окрім того, правильне розташування чесальних установок, допомагає організувати оптимальний рух тварин у корівнику і сприяє їх природній поведінці. Виходячи з цього, їх подальший розвиток, покращення технічних характеристик, збільшення функціональності - є важливим та актуальним завданням [1].

До сучасних чесальних установок висувається ряд технічних вимог. Головною вимогою є їх безпечність, тобто повинна бути блокувальна система для електродвигуна у випадку, якщо хвіст тварини намотався на щітку. Крім того, чесальна установка повинна автоматично вмикатися при входженні тварини у робочу зону, а щітка має рівномірно обертатись в обох напрямках для запобігання загинання ворсу (що значно підвищує строк експлуатації щітки).

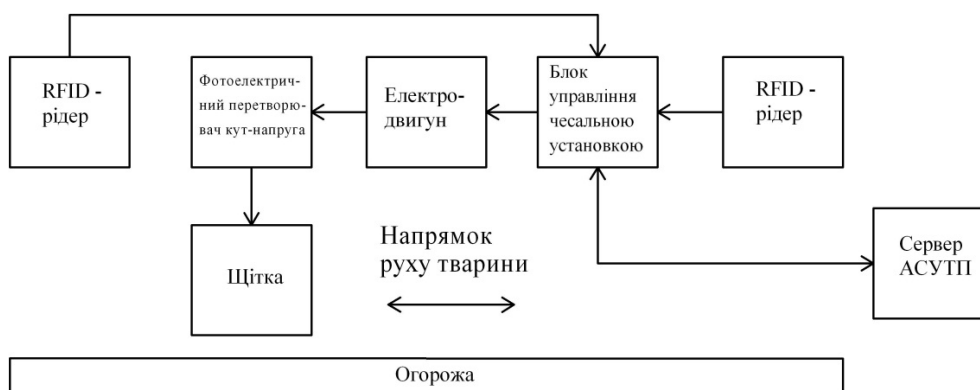


Рисунок 1 – Структурна схема чесальної установки з системою радіочастотної ідентифікації

Принцип дії розробленої чесальної установки полягає в наступному. Система радіочастотної ідентифікації тварин [2], яка входить до складу чесальної установки, обладнана двома RFID-ридерами великого радіусу дії.

Транспондер закріплюється у вусі або на нозі тварини. Коли тварина входить в робочу зону чесальної установки, транспондер попадає в зону індукції рідера, в результаті чого зчитується його код і передається до блоку управління чесальною установкою. Зчитування коду транспондера є ознакою того, що тварина знаходиться в робочій зоні чесальної установки. За надходженням коду транспондера від одного з рідерів, блок управління чесальною установкою формує команду увімкнення електродвигуна, який забезпечує обертальний рух щітки. В сучасних системах радіочастотної ідентифікації тварин, зчитування коду транспондера здійснюється автоматично і періодично до тих пір, поки транспондер знаходиться в зоні індукції рідера. Після виходу тварини з робочої зони установки, блок управління чесальною установкою здійснює передачу унікального коду транспондера тварини та інформацію про тривалість її знаходження на установці до серверу автоматичної системи управління технологічним процесом (АСУТП). За допомогою програмного забезпечення, яке знаходиться на сервері АСУТП, проводиться облік часу та кількості випадків користування конкретною твариною чесальної установки. У випадку значного відхилення цих параметрів від норми формується відповідне повідомлення обслуговуючому персоналу ферми, після чого визначена тварина досліджується ветеринаром. Слід відзначити, що чесальна установка є однією з складових частин АСУТП ферми.

По частоті використання чесальної установки твариною можна робити попередні висновки про її фізіологічний стан. Так, якщо тварина використовує установку частіше, ніж зазвичай, це може свідчити про наявність в неї шкірних захворювань або паразитів. Якщо ж рідше, то це може свідчити про погане самопочуття тварини.

Впровадження системи радіочастотної ідентифікації дозволить визначати середню інтенсивність використання установки конкретною твариною з метою непрямой оцінки її стану, а наявність в системі радіочастотної ідентифікації двох RFID -рідерів великого радіусу дії забезпечує попадання транспондера в зону індукції рідера незалежно від напрямку руху тварини.

Список літератури

1. Цой Ю.А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм [Текст] / Цой Ю.А. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 424 с.

2. Кучерук В.Ю. Двоконтурна система радіочастотної ідентифікації тварин [Текст] / Кучерук В.Ю., Паламарчук Є.А., Кулаков П.І. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, Хмельницький. – 2014. – №2(47). – С. 140-144.

ВЕЙВЛЕТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ СЖАТИЯ ТРЁХМЕРНЫХ ТВ-ИЗОБРАЖЕНИЙ

Патлаенко Н.А., Ошаровская Е.В.

Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,

ул. Ковальская, 1, г. Одесса, Украина, 65029

osharovskaya@mail.ru

Трёхмерные изображения для телевизионной системы формируется в виде полигонально-сеточных объектов, которые задаются координатами вершин многогранников, аппроксимирующих поверхности. Передача координат вершин и их связности в непосредственном виде создает огромный поток данных.

Предлагается применить трёхмерное вейвлет-преобразование к координатам вершин с иерархическим построением коэффициентов преобразования. Каждый уровень иерархии отличается подбором порогового значения коэффициентов, которыми можно пренебречь. Такой алгоритм позволяет получать изображения с разной степенью детализации в зависимости от выбираемого порога.

Трёхмерные вейвлет-преобразования позволяют полноценно реализовать два основных принципа сжатия изображений. Частичное устранение избыточности, так как всегда существует корреляция между соседними координатами изображения, а также перераспределение энергии в спектральной области.

Восприятие зрительной системы субъективно, исходя из этого можно прогнозировать, что равномерно распределённая ошибка восстановленных координат изображения менее заметна глазу, чем при алгоритмах с резкими переходами в области границ. Это обстоятельство позволяет допускать большую ошибку восстановления координат, малозаметную глазу.

Основным свойством вейвлет-преобразования является перераспределение энергии сигнала, концентрации её в некотором числе каналов. Таким образом, изображение можно представить в виде рекуррентно-масштабного преобразования, представляющего из себя само подобные копии. Для случая полигонально-сеточного представления трёхмерных изображений координаты вершин можно выразить в соответствии с формулами (1-3)

$$x = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N i \cdot B_{i,j,k} - \frac{N+1}{2}, \quad (1)$$

$$y = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N j \cdot B_{i,j,k} - \frac{N+1}{2} \quad (2)$$

$$z = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N k \cdot B_{i,j,k} - \frac{N+1}{2} \quad (3)$$

При обратном вейвлет преобразовании для восстановления изображения общее количество вейвлет коэффициентов и размерность трёхмерной матрицы не изменяется, а меняется количество нулевых коэффициентов вейвлет преобразования. Зависимость качества восстановленного сеточного изображения от выбираемого порога предлагается оценивать в форме отношения сигнал/шум. Моделирование иерархического вейвлет-преобразования координат трехмерного объекта было проведено в среде MATLAB. В качестве тестового объекта выбрано сеточное изображение паука, приведенное на рис. 1а. На рисунке 1б приведено восстановленное изображение для случая, когда половина спектральных коэффициентов приравнялось нулю. Искажения в изображении заметны, но изображение еще узнаваемо

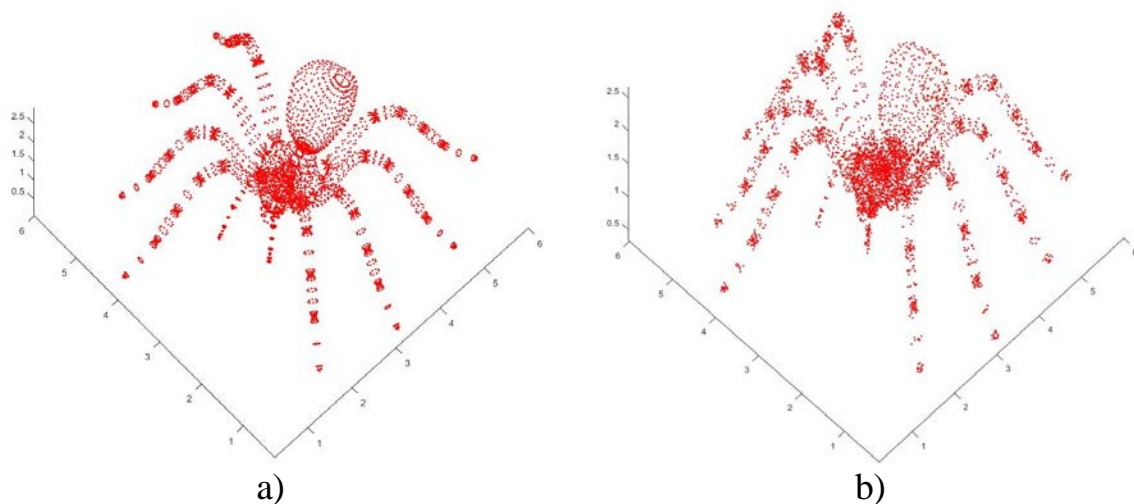


Рисунок 1 – Тестовое изображение Spider а) Исходное изображение б) Восстановленное изображение с 50% отброшенных коэффициентов

Список литературы

1. Патлаенко Н.А. Аналіз методів стиснення цифрових відео послідовностей у телевізійних систем [Текст] / Н.А. Патлаенко, В.И. Солодка, Арделян М.І. // Цифрові технології. – 2012г. – №12 – С. 117-122.
2. Патлаенко М.О. Аналіз методів сжатия цифровых изображений с помощью фрактальных преобразований [Текст] / Патлаенко М.О. // 68-а науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів / 5-7 грудня 2013 р. – С. 95-97.
3. Патлаенко М.О. Аналіз методів стиснення цифрових відео послідовностей [Текст] / Патлаенко М.О. // 68-а науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів / 5-7 грудня 2013 р. – С. 123-125.

ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЧИСЕЛ С ПОМОЩЬЮ 8-РАЗРЯДНОГО МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Сацкая А. С.¹⁾, Караман Д. Г.²⁾

¹⁾НТУ «ХПИ», ул. Фрунзе, 21г. Харьков, , Украина, 61002,
ms.sackaya@mail.ru

²⁾НТУ «ХПИ», ул. Фрунзе, 21г. Харьков, , Украина, 61002,
karaman.dmitry@gmail.com

Потребность в получении равномерно распределенных чисел возникает во многих сферах научной и практической деятельности человека. Основными областями применения средств генерации случайных чисел остаются статистическое моделирование, защита информации в ЭВМ и сетях, а также игровая индустрия [1, 2, 3]. Для решения основных задач в каждом из перечисленных направлений необходимо вырабатывать огромные количества случайных чисел с самыми разнообразными свойствами. Наибольшее значение для практики имеют числа с равномерным законом распределения [1].

В последнее время в связи с развитием автономных распределенных информационных систем, известных как Интернет вещей (Internet of Things, IoT) [3], а также значительным распространением мобильных маломощных коммуникационных и вычислительных устройств возникла необходимость в получении качественных случайных чисел с помощью устройств, ограниченных по производительности и потребляемой энергии [4]. Случайные числа используются в этих системах для повышения надежности и защищенности каналов связи, а также поддержки существующих стандартов взаимодействия и протоколов аутентификации [3, 4].

Существует множество способов получения качественных равномерно распределенных псевдослучайных чисел с помощью микропроцессорной техники, но далеко не все из них можно легко реализовать на базе 8-разрядных микроконтроллеров.

Вопрос получения качественных псевдослучайных чисел не только с точки зрения статистики, но и в криптографическом смысле рассматривался на протяжении нескольких последних десятилетий. Существует несколько источников, в которых подробно рассмотрены криптостойкие генераторы псевдослучайных чисел. Прежде всего, к этим источникам относятся специальное издание государственного научно-исследовательского института США NIST [5], техническое описание библиотеки на языке C для анализа псевдослучайных чисел и битовых последовательностей, авторами которой являются Пьер Л'Акруа и Ричард Симард [6], а также описание приложения `makewhat.exe`, входящего в

состав комплекса тестирования DIEHARD, разработанного Джорджем Марсальей[8].

Основная сложность для большинства алгоритмов заключается в том, что их ключевые операции рассчитаны на 32-х или 64-разрядную архитектуру вычислителя. К числу этих операций прежде всего относятся умножение, деление, а также сдвиги с реализацией сложных логических обратных связей. Для реализации этих операций на 8-разрядных архитектурах необходимо выполнить их каскадирование или разложение.

В докладе рассмотрены основные методы приведения наиболее распространенных алгоритмов генерации псевдослучайных чисел к реализации на 8-разрядных микроконтроллерах, выполнен анализ их эффективности, рассмотрены варианты реализации алгоритма комбинированного MWC-генератора на базе микроконтроллеров AtmelAVR.

Список литературы

1. Голенко Д. И. Моделирование и статистический анализ псевдослучайных чисел на электронных вычислительных машинах [Текст] / Голенко Д. И. М. : Наука – 1965 г. – 228 с.
2. Pseudorandom Bit Generators in Stream-Cipher Cryptography // Kencheng Zeng, Chung-Huang Yang, Dah-Yea Wei, T. R. N. Rao – IEEE Computer, 1991. – P. 8-17.
3. Lu Yan, Yan Zhang, Laurence T. Yang, Huansheng Ning. The Internet of Things: From RFID to the Next-Generation Pervasive Networked Systems – CRC Press, 2008. – 336 p.
4. Pseudo random number generator and Hash function for embedded microprocessors // Hwajeong Seo, Jongseok Choi, Hyunjin Kim, Taehwan Park, Howon Kim. – IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT), 2014. – P. 37-40.
5. NIST SP-800-22. A Statistical Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications. // Andrew Rukhin, Juan Soto, James Nechvatal, et al. // Natl. Inst. Stand. Technol. Spec. Publ. 800-22 rev.1, 2008. – 131 p.
6. TestU01: A Software Library in ANSI C for Empirical Testing of Random Number Generators. User's guide, compact version. // Pierre L'Ecuyer and Richard Simard. (May 16, 2013).
7. Marsaglia G. A Current View of Random Number Generators. – Proceedings of the Computer Science and Statistics Section on 16th Symposium on the Interface, Atlanta, 1984.
8. DIEHARD: a battery of tests of randomness. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.stat.fsu.edu/pub/diehard>.

УПРАВЛЕНИЕ ОРИЕНТАЦИЕЙ СПУТНИКА РОБАСТНЫМ ЭЛЛИПСОИДАЛЬНЫМ АЛГОРИТМОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛОВ ПОЗИЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ И ДИНАМИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ЭЙЛЕРА

Шолохов А.В.

*Казённое предприятие специального приборостроения «Арсенал»,
01010, г. Киев, ул. Московская, 8, gyroalex@mail.ru*

Ориентация большинства космических аппаратов, в том числе искусственных спутников Земли (ИСЗ), является необходимым режимом в процессе их целевого функционирования на орбите [1]. При этом оценивание углового положения и угловой скорости спутника осуществляется по сигналам позиционных датчиков и гироскопических датчиков угловой скорости (ДУС), соответственно. Изменение углового положения спутника длительного существования в заданной системе координат (СК) осуществляется, как правило, с помощью маховиков, гиродинами либо магнитной системой управления. В случае отказов или изменений функциональных характеристик ДУС вследствие их эксплуатации для ориентации спутника используется оценка его абсолютной угловой скорости по сигналам позиционных датчиков и выполняется калибровка бортовых ДУС полученной оценкой. Возможна кратковременная ориентация спутника с использованием только априорных данных и уравнений углового движения.

Угловое движение КА описывается (параметр «время» опущен):

$$\dot{\Lambda} = 0,5C(\Lambda)\omega, \quad (1)$$

$$J\dot{\omega} + \omega \times J\omega = M. \quad (2)$$

Уравнения (1), (2) описывают ориентацию связанной со спутником системы координат (ССК) относительно некоторой инерциальной системы координат (ИСК), например второй экваториальной системы координат [2]. Положение ССК относительно ИСК определяется кватернионом $\Lambda^T = (\lambda_0, \lambda^T)$, $\lambda^T = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$, $\|\Lambda\| = \lambda_0^2 + \lambda^T \lambda \equiv 1$ [2]. Обозначению $\omega = (\omega_1, \omega_2, \omega_3)^T$ соответствует вектор абсолютной угловой скорости КА, заданный проекциями на оси ССК. $J = J^T > 0$ – симметрическая положительно-определенная 3×3 -матрица, задающая тензор инерции КА в ССК. Далее предполагается, что матрица J является диагональной и неизменной. Под обозначением $M = (M_1, M_2, M_3)^T$ понимается вектор управляющего момента, заданный проекциями на ССК.

Для дальнейшей работы линеаризуем уравнения (1), (2) [3]:

$$\dot{\phi} = \Omega\phi + 0,5\Delta\omega, \quad (4)$$

$$\dot{\Delta\omega} = A\Delta\omega + Bu. \quad (5)$$

Полагая, что на борту имеется один звёздный датчик [4], выдающий кватернион ориентации и могущий терять работоспособность при засвечивании Солнцем или превышении спутником предельной угловой скорости вращения, при которой звёздный датчик теряет работоспособность [4, 5], строим множество возможных значений вектора ошибки в виде эллипсоидального множества [6] на основе уравнения (2). Полагая, что на спутнике находится магнитометр, уточняем множество возможных состояний по его показаниям, используя алгоритм [7].

Линейность уравнений (4), (5) позволяет получать выпуклое множество возможных состояний, что сильно упрощает алгоритм оценивания с незначительной потерей точности и повышенной устойчивостью к нарушению априорных предположений [8].

Список литературы

1. Раушенбах Б.В. Управление ориентацией космических аппаратов [Текст] / Раушенбах Б.В., Токарь Е.Н. Москва : «Наука», 1974. – 600с.
2. Куликов К.А. Курс сферической астрономии [Текст] / Куликов К.А. – М. : Наука, 1974 – 232с.
3. Бранец В.Н. Применение кватернионов в задачах ориентации твердого тела [Текст] / Бранец В.Н., Шмыглевский И.П. – М. : Наука, 1973. – 320 с.
4. Ворох С.А. Малогабаритная астроизмерительная система для определения ориентации КА «Микросат» [Текст] / Ворох С.А., Лихолит Н.И., Троицкий Е.Б. // Матеріали ХІ Міжнародної науково-технічної конференції «АВІА-2013», 21-23 травня, Т. 4, Київ, 2013. – С.45-51.
5. Морозова Л. М. Об одном алгоритме повышения надежности системы ориентации космического аппарата при сбоях звездного датчика [Текст] / Морозова Л. М., Нехамкин Л. И., Рябиков В. С. // Сборник трудов третьей всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы ориентации и навигации космических аппаратов», 10-13 сентября 2012г., Россия, Таруса. – С. 91-96.
6. Бакан Г.М. К задаче гарантированного оценивания точности управляемой линейной системы [Текст] / Бакан Г.М., Шолохов А. В. // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2005. – № 4. – С.44-51.
7. Шолохов А.В. Разработка робастного алгоритма гарантированного оценивания состояний линейной управляемой системы [Текст] / Шолохов А. В. // Компьютинг. – 2011. – Т.10, Вып. 3. – С. 235-248.
8. Шолохов А. В. Исследование одного робастного алгоритма эллипсоидального оценивания при определении массы и положения центра масс космического аппарата [Текст] / Шолохов А. В. // Техническая механика. – 2013. – №3. – С. 103-116.

СЕКЦІЯ 2 МЕДИЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

ДИАГНОСТИКА ПНЕВМОНИЙ МЕТОДОМ ПАССИВНОЙ ЭХОЛОКАЦИИ НА РАННИХ СТАДИЯХ

Апикова А. Е.

*Харьковский национальный университет радиозлектроники,
Кафедра БМИ, пр-т Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166
E-mail: apikova_84@mail.ru*

Чтобы определить местоположение воспалительного процесса объект исследования виртуально привязывается к цилиндрической системе координат, как и акустические датчики (АД), находящиеся на поверхности кожи. Для расчёта используется обратный принцип определения координат из GPS-навигации [1]. Определение временного сдвига сигнала относительно эталона производилось посредством автокорреляционной функции (АКФ). После сравнения сигналов, используя АКФ, значение временной задержки было подставлено в обратные формулы GPS [2].

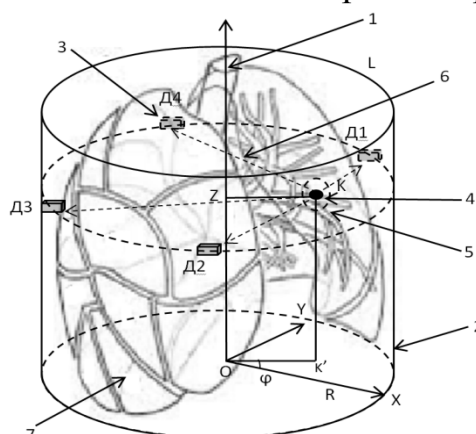


Рисунок 1 – Пример размещения системы из 4 датчиков относительно лёгких пациента и систем координат

На рис.1 1 – Декартова система координат, 2 – цилиндрическая система координат, 3 – отдельный акустический датчик системы, 4 (К) – источник акустического шума (АШ), 5 – воспалительный процесс, 6 – распространение акустических волн из воспалительного процесса в теле пациента по направлению к датчикам, 7 – исследуемый объект (пациент), R – радиус цилиндрической системы координат с центром в точке O, K' – проекция на плоскость XY, φ – угол между осью X и отрезком OK'.

Для реализации метода было разработано специальное оборудование [3]. Оно содержит систему АД; блок обработки сигнала, состоящий из мультиплексора, усилителя, набора акустических фильтров и аналого-цифрового преобразователя (АЦП); блок с программным обеспечением

(ПО), блок управления. Система АД располагается на грудной клетке пациента в аускультативных точках, что даёт возможность охватить все отделы лёгких. Акустический шум из точки К распространяется и регистрируется системой АД, через шину и мультиплексор, предварительно пройдя процесс усиления, попадает в набор акустических фильтров, где распределяется на частотные диапазоны. Далее отцифровывается в АЦП и отправляется в блок с ПО. При помощи ПО сигналы с каждого АД сравниваются между собой, вычисляется задержка сигнала и координата источника АШ. Полученная координата проецируется на модель лёгких и выводится в виде графического рисунка на блок отображения.

Практическое применение метода диагностики пневмоний способом пассивной эхолокации соответствуют данным классификации аускультативных шумов [4]. Результаты оценки акустических феноменов дыхательной системы можно распределить таким образом: в область низких частот попадает везикулярное дыхание, регистрируется как тихое и однородное шипение. В область средних частот попадает шум трения плевры, представляет собой жужжание, гудение и свист. На высоких частотах регистрируется бронхиальное дыхание, крепитации. Влажные хрипы, как мелкопузырчатые, так и среднепузырчатые и крупнопузырчатые регистрируются на всех частотах. Конкретно для пневмоний характерны звучные влажные хрипы, сухие хрипы. Они регистрируются как жужжания и свисты, попадают во все частотные зоны. Способ расчёта координат источника шумов позволил автоматически определить сегменты лёгких, вовлечённых в патологические процессы вызванные пневмониями.

Список литературы

1. Шебшаевич В. С. Сетевые спутниковые радионавигационные системы [Текст] / [Шебшаевич В. С. Дмитриев П. П., Иванцев Н. В. и др.] под ред. В. С. Шебшаевича. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1993. – 408 с.
2. Пат. 98929 Україна МПК А61В7/04, Н04R1/46 Спосіб діагностики пневмоній / Апікова А.Є., Федотов Д.О., Клименко В.А.; власник Харківський національний університет радіоелектроніки. – № u 201413072; заявл. 05.12.14; опубл. 12.05.2015 Бюл. №9
3. Пат. 99946 Україна МПК А61В5/08, А61В5/0205, А61В7/04, Н04R1/46 Пристрій для діагностики пневмоній / Апікова А.Є., Федотов Д.О., Яновська Я.К.; власник Харківський національний університет радіоелектроніки. – № u201501461; заявл. 19.02.15; опубл. 25.06.15, Бюл. №12
4. Манджони С. Секреты клинической диагностики [Текст] / Манджони С. – М. : «Издательство БИНОМ», 2004. – 608 с.

СИСТЕМА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ В ЖИДКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ

Викарий Е.Г., Корнеева Е.Р., Томашевский Р.С.
Национальный технический университет «ХПИ»,
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002,
e-mail: romiocat.khpi@gmail.com

Группой исследователей (В.В. Бойко, П.Н. Замятин и др.) [1] был обнаружен пьезосинтетический эффект в биологических тканях. Данный эффект заключается в возникновении потенциалов в исследуемом объекте (биологическая клетка, участок ткани) при изменении приложенного к нему давления. В современной медицине широко применяются различные факторные влияния на биологические ткани: тепловые, химические, механические и др. Однако, известные уже более 30 лет эффекты возникновения вызванных потенциалов в биологических тканях исследованы только на уровне макроструктур и используются для получения некоторых специфических эффектов (регенерационная медицина).

Пьезоэлектрические эффекты в биологических тканях, рассмотренные на клеточном уровне, позволяют прогнозировать окислительно-восстановительные процессы в живых клетках за счет получения принципиально новой информации о качественных и количественных энергетических изменениях в жидкокристаллических клеточных структурах и плазме.

Для дальнейшего исследования данного эффекта и определения его диагностических возможностей кафедрой промышленной и биомедицинской электроники была разработана и реализована система для регистрации вызванных потенциалов в жидких биологических средах. Структурная схема системы приведена на рисунке 1.

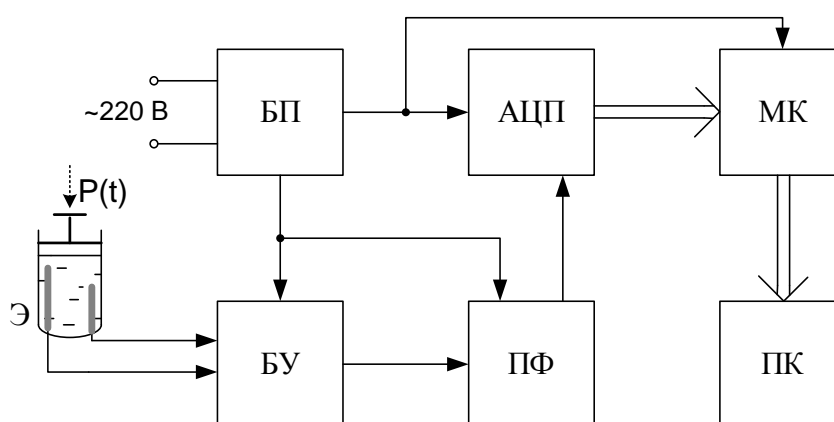


Рисунок 1 – Структурная схема системы для исследования вызванных потенциалов

Сигнал поступает с измерительных электродов (Э), которые погружены в кювету с биологическим образцом. На биологический образец воздействует механическое динамическое усилие $P(t)$. Сигнал, снимаемый с электродов, передается на блок усилителей (БУ). Преобразованный сигнал поступает на полосовой фильтр (ПФ), который служит для выделения полезного сигнала частотой до 100 Гц. Отфильтрованный сигнал поступает на аналого-цифровой 12-разрядный преобразователь (АЦП) и на микроконтроллер (МК), где преобразуется и передается на персональный компьютер (ПК) для дальнейшей обработки, визуализации и хранения. Блок питания (БП) формирует два уровня напряжения 5 В – для БУ и ПФ, а также 3,3 В – для АЦП и МК.

Особенностью разработанной системы является регистрация сигналов с малыми значениями напряжений (порядка милливольт) и сложным гармоническим составом (частотный диапазон полезного сигнала 0,5 – 100 Гц). Для корректной оценки полученных от биологических образцов данных необходимо учитывать технические особенности реализации и характеристики канала обработки информации. В связи с этим целью данной работы является определение технических характеристик разработанной системы для съема и предварительной обработки вызванных потенциалов.

В ходе исследования определялись следующие параметры характеристик системы:

- передаточная характеристика $U_{\text{вых}}=f(U_{\text{вх}})$;
- амплитудно-частотная характеристика $K_y=f(f_{\text{вх}})$;
- соотношение сигнал-шум.

По результатам исследований передаточной характеристики было установлено, что она имеет линейный характер и отклонение погрешностей коэффициента усиления схемы от рассчитанных значений не превышает 5%. При исследовании АЧХ была определена крутизна спада, которая составляет 12 дБ/окт. Также установлены значения нижней и верхней частот среза которые составили 0,27 Гц и 190 Гц соответственно. Расчёт соотношения сигнал-шум показал, что максимальное и минимальное значения этого соотношения составляют -74,5 дБ и -40,28 дБ соответственно.

В результате полученных исследований установлено, что разработанная система может быть использована для исследования пьезосинтетического эффекта.

Список литературы

1. Изменения электрических параметров клеточных мембран биологических тканей при механических факторных влияниях [Текст] / В. В. Бойко, П. Н. Замятин, В. И. Жуков [и др.] // Харківська хірургічна школа. – 2012. – № 5. – С. 9-12.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОЗОНИРОВАНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО РАСТВОРА И РАЗЛОЖЕНИЯ ОЗОНА В НЕМ

Глухенькая Т.А.¹⁾, Кипенский А.В.¹⁾, Король Е.И.¹⁾, Назаров Е.И.²⁾

¹⁾ *Национальный технический университет «ХПИ»,*

ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002, e-mail: kavkri@ukr.net

²⁾ *НПП «Эконика», ул. Лабораторная, 1, г. Одесса, Украина, 65037*

Современная озонотерапия обладает широким спектром методов и методик введения озона в организм человека. Один из методов озонотерапии состоит в проведении процедур внутривенной инфузии озонированного физиологического раствора (ОФР). Эффективность этого метода в значительной степени определяются количеством введенного озона. При передозировке возникает вероятность появления токсических эффектов, а при недостаточной дозе озона возможно снижение терапевтического эффекта. В процессе разработки метода корректной дозировки озона в процедурах внутривенной инфузии ОФР возникла необходимость в анализе процессов озонирования физиологического раствора (ПОФР), которое осуществляется путем барботирования физиологического раствора (ФР) озono-кислородной смесью (ОКС), и процессов разложения озона в ОФР (ПРОФР) при проведении процедур.

Разработке математических моделей ПОФР и ПРОФР предшествовало проведение их экспериментальных исследований. Для исследований использовались образцы ФР, выпускаемые украинской промышленностью:

- образец ФР1 – ООО «Юрия-Фарм», г. Киев;
- образец ФР2 – ООО «Нико», г. Донецк;
- образец ФР3 – ООО «Инфузия», г. Киев;
- образец ФР4 – ООО «Новофарм-Биосинтез», г. Новгород-Волынский.

Кроме того, исследовался «идеальный физиологический раствор» (образец ФР0), полученный путем растворения 9 г соли NaCl квалификации ОСЧ в 1 л бидистиллированной воды (электропроводность < 1 мС/см).

Для барботирования использовалась ОКС с концентрацией озона (КО) 8 мг/л и расходом 0,3 л/мин. Температура окружающей среды 26 °С. Измерение КО в ОФР проводились проточным фотометрическим анализатором типа ДФГ. Анализ ПОФР (рис. 1, а) показал, что наиболее точно они могут быть аппроксимированы полиномиальными функциями:

- для ФР0 $C_0 = (a \cdot b + c \cdot t^d) / (b + t^d)$;
- для ФР1 $C_1 = (a \cdot b + c \cdot t^d) / (b + t^d)$;
- для ФР2 $C_2 = (a + b \cdot t) / (1 + c \cdot t + d \cdot t^2)$;
- для ФР3 $C_3 = (a + b \cdot t) / (1 + c \cdot t + d \cdot t^2)$;
- для ФР4 $C_4 = (a + b \cdot t) / (1 + c \cdot t + d \cdot t^2)$,

где C_i – КО в i -ом образце ОФР, t – время, a, b, c, d – коэффициенты.

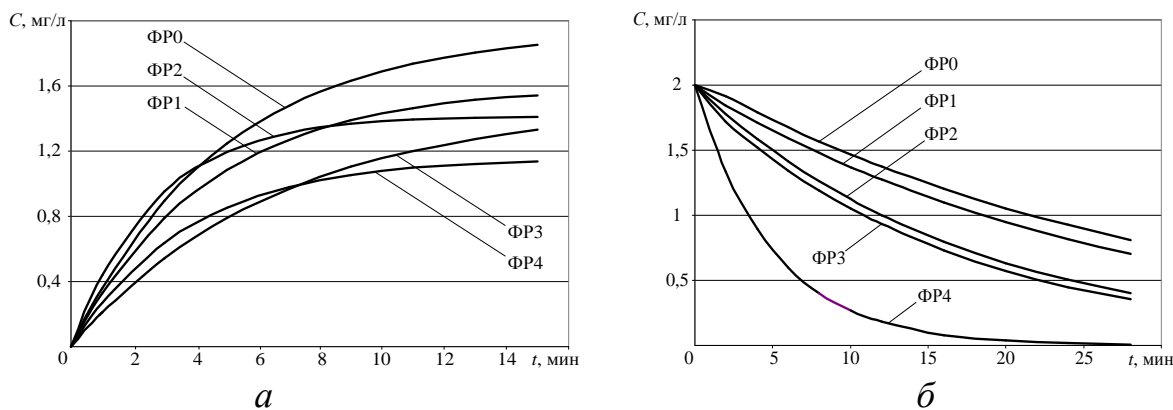


Рисунок 1 – Процессы насыщения озонам ФР (а) и разложения озона в ФР (б)

Дальнейшие исследования показали, что все ПОФР могут быть описаны единым выражением вида

$$C_{\text{ПОФР}} = C_{\text{МАХ}i} [1 - \exp(-t/\tau_{\text{Н}i})], \quad (1)$$

где $C_{\text{МАХ}i}$ – максимальное значение КО в i -ом ОФР, которое может быть достигнуто при указанных условиях барботирования ($C_{\text{МАХ}0} = 1,939$ мг/л; $C_{\text{МАХ}1} = 1,598$ мг/л; $C_{\text{МАХ}2} = 1,417$ мг/л; $C_{\text{МАХ}3} = 1,481$ мг/л; $C_{\text{МАХ}4} = 1,159$ мг/л); $\tau_{\text{ПОФР}i}$ – постоянная времени ПОФР ($\tau_{\text{ПОФР}0} = 4,867$ мин, $\tau_{\text{ПОФР}1} = 4,412$ мин, $\tau_{\text{ПОФР}2} = 2,696$ мин, $\tau_{\text{ПОФР}3} = 6,579$ мин, $\tau_{\text{ПОФР}4} = 3,761$ мин).

Сопоставление расчетных значений КО в ОФР с экспериментальными данными показали, что они коррелируют с коэффициентом не ниже 0,995. Такой результат можно считать вполне приемлемым, поскольку погрешность измерения КО в ОФР существенно выше полученных отклонений.

Исследования ПРОФР проводились в условиях имитации процедуры внутривенной инфузии со скоростью 120 капель в минуту. В результате анализа ПРОФР в различных образцах (рис.1, б), было установлено, что все они также могут быть описаны единым выражением вида

$$C_{\text{ПРОФР}} = C_{\text{НАЧ}i} \cdot \exp(-t/\tau_{\text{ПРОФР}i}), \quad (2)$$

где $C_{\text{НАЧ}i}$ – значение КО в i -ом ОФР перед началом проведения процедуры ($C_{\text{НАЧ}0} = 2,043$ мг/л; $C_{\text{НАЧ}1} = 1,987$ мг/л; $C_{\text{НАЧ}2} = 1,993$ мг/л; $C_{\text{НАЧ}3} = 1,938$ мг/л; $C_{\text{НАЧ}4} = 1,984$ мг/л); $\tau_{\text{ПРОФР}i}$ – постоянная времени ПРОФР ($\tau_{\text{ПРОФР}0} = 30,257$ мин, $\tau_{\text{ПРОФР}1} = 26,954$ мин, $\tau_{\text{ПРОФР}2} = 17,455$ мин, $\tau_{\text{ПРОФР}3} = 16,423$ мин, $\tau_{\text{ПРОФР}4} = 5,022$ мин).

Сравнение расчетных и экспериментальных значений изменения концентрации озона в ОФР показали, что коэффициент корреляции и в данном случае оказывается не ниже 0,995.

Таким образом, процессы насыщения озонам ФР и процессы разложения озона в этих растворах могут быть достаточно точно описаны экспоненциальными функциями. Это обстоятельство упрощает процесс автоматизации дозирования озона при проведении процедур внутривенной инфузии ОФР.

СИСТЕМА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ПРОФЕСІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ ОПЕРАТОРІВ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ВИДІВ ДІЯЛЬНОСТІ

Гордєєв А.Д.

***Національний авіаційний університет,
кафедра Біокібернетики та аерокосмічної медицини,
просп. Космонавта Комарова 1, корп. 3, кім. 422, м. Київ, Україна
e-mail: gordieiev.artem@gmail.com***

В сучасному світі є потреба якісного і швидкого оцінювання психофізіологічного стану (ПФС) операторів екстремальних видів діяльності, наприклад, льотчиків, полярників, спортсменів, водіїв та інші. Країнами світу витрачаються значні зусилля та кошти для якісного професійного відбору операторів льотного складу (ОЛС) [1]. Оцінювання професійної придатності ОЛС можна реалізовувати на етапах вступу до льотного училища, передпольотного контролю, післяпольотного контролю та реабілітації операторів. Для реалізації якісного та швидкого оцінювання професійної придатності операторів льотного складу на етапі передпольотного контролю запропоновано апаратно-програмний комплекс з автоматизованою системою прийняття рішень.

Одним із ефективних неінвазійних засобів оцінювання ПФС операторів являється електроенцефалограф, який вимірює біосигнали кори головного мозку оператора. Для індивідуального підходу до операторів в процесі оцінювання стану психіки існують психологічні тести, що визначають тип темпераменту та параметри ригідності.

Запропонований апаратно-програмний комплекс складається з засобу оцінювання ПФС – електроенцефалографу, та комплексу програмного забезпечення реалізованого в середовищі програмування «MatLab». Апаратно-програмний комплекс розроблено на базі кафедри Біокібернетики та аерокосмічної медицини Національного авіаційного університету. Програмне забезпечення реалізує класифікацію ОЛС за типами темпераменту, а також обробку електроенцефалографічних даних [2]. На основі отриманих результатів оцінювання ПФС відбувається прийняття рішення щодо професійної придатності ОЛС.

Загальний алгоритм роботи системи прийняття рішення (Рис. 1) щодо професійної придатності ОЛС складається з наступних операцій.

1. Заповнення картки оператора (соціальні та антропологічні дані).
2. Проходження комплексу психологічних тестів.
3. Запис фонові електроенцефалограми (ЕЕГ).
4. Запис перехідних процесів електроенцефалограми.
5. Обробка зібраних даних та збереження результатів в базі даних.
6. Порівняння отриманих результатів з накопиченою базою знань для

конкретного ОЛС.

7. Прийняття рішення на основі інтегрального показника професійної придатності ОЛС у вигляді рекомендації медичному працівнику.

8. Корекція бази знань на основі прийнятого рішення медичним працівником щодо професійної придатності оператора.

9. Візуалізація отриманих результатів.

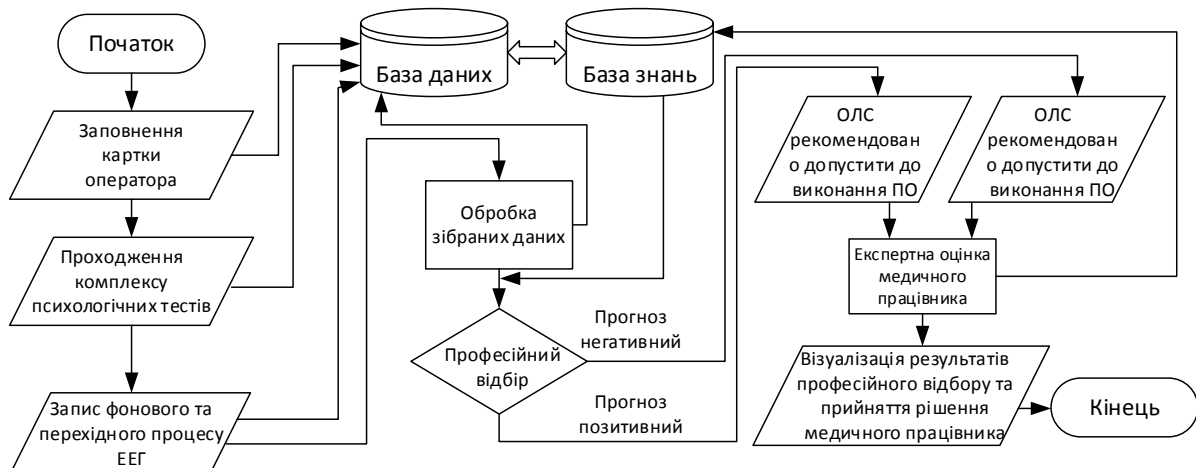


Рисунок 1 – Схема алгоритму системи прийняття рішень.

ПО – професійні обов'язки

Особливістю розробленого апаратно-програмного комплексу є вбудована функція прогнозу психофізіологічного стану ОЛС та автоматична корекція кількісного інтегрального показника професійної придатності ОЛС з кожною реалізацією нового експерименту по розробленій раніше методиці [3].

В системі прийняття рішень методика оцінювання ПФС була апробована в процесі відбору операторів Української антарктичної станції «Академік Вернадський» та на пацієнтах інституту трансплантології та хірургії ім. О.О. Шалімова.

Список літератури

1. Бодров В.А. Психология профессиональной пригодности [Учебное пособие для вузов] / Бодров В.А. – М. : ПЕР СЭ, 2001. – 511 с.

2. Кузовик В.Д. Апаратно-програмний комплекс для оцінювання психофізіологічного стану оператора [Текст] / В.Д. Кузовик, А.Д. Гордєєв // Технологічний аудит та резерви виробництва – Т. 1. – № 5(15). – 2014. – С. 44-46.

3. Кузовик В.Д. Методика планування експериментальних досліджень психофізіологічного стану головного мозку [Текст] / В.Д. Кузовик, А.Д. Гордєєв // Вісник чернігівського державного технологічного університету. – 2014.– № 1(71). – С. 174-180.

СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО ПОРАЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Дубровская Ю.А., Рауш Е.И.

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
каф. Биомедицинской инженерии,
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166*

Онкозаболевания являются одной из основных причин смертей в мире. 19% всех случаев онкозаболеваний в мире обусловлены факторами окружающей среды, включая радиационный фон, что ежегодно исчисляется в 1,3 миллиона случаев смерти.

В работе требуется разработать программные модули системы определения радиационного поражения человека с целью анализа полученных изображений хромосом, что поможет определить специфические маркеры радиационного поражения в виде хромосомных aberrаций. В данную систему необходимо включить три основных модуля [1]:

- а) модуль предварительной обработки изображения;
- б) модуль сегментации изображения;
- в) модуль анализа изображения.

Первым этапом предварительной обработки изображения является операция гистограммной коррекции. Целесообразнее использовать нелинейное изменение контрастности, так как оно применяется для устранения искажений передающих устройств, что очень важно в случае при передаче изображения от микроскопа на монитор компьютера.

Вторым этапом предварительной обработки изображения является медианная фильтрация. Медианная фильтрация не приводит к появлению новых промежуточных уровней интенсивности и полностью подавляет помеху, величина площади которой не превосходит половины апертуры фильтра [2]. На рисунке 1 представлен результат предварительной обработки изображения хромосом на микропрепарате.

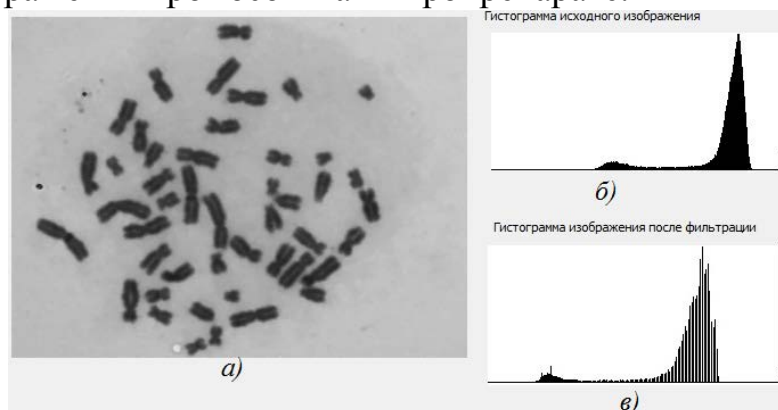


Рисунок 1 – Результат предварительной обработки изображения:
а – изображение микропрепарата после фильтрации; б – гистограмма исходного изображения; в – гистограмма обработанного изображения

Следующим этапом преобразования изображений является процесс автоматизированной сегментации. Данный процесс осуществляется в два этапа: грубой сегментации – отделения областей микрообъектов от фона, и разметки областей, принадлежащих отдельным микрообъектам (микрообъекты не должны пересекаться).

Простейшим и вместе с тем часто применяемым видом сегментации является бинарная сегментация. После бинаризации изображения появляется необходимость выделения найденных объектов на изображении, т.е. необходимо разбить исходное изображение на некоторое множество связанных (в пространственном смысле) областей, пиксели которых близки по некоторому признаку. Подходящим методом разметки в данном случае является рекурсивный алгоритм последовательного сканирования [3]. Результат действия модуля сегментации представлен на рисунке 2.

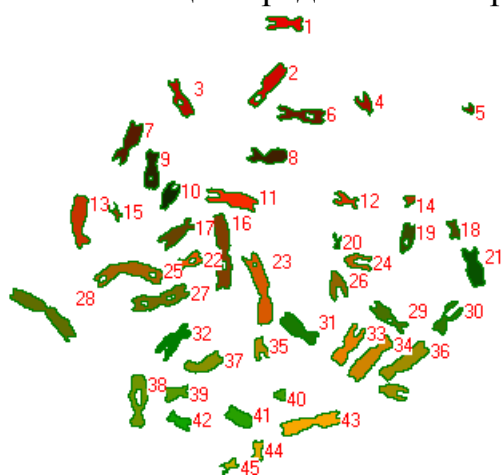


Рисунок 2 – Сегментация изображения и разметка объектов

В модуле анализа изображения проводится нахождение геометрических характеристик микрообъектов: площади, периметра, коэффициента формы, координат центра симметрии, направления главной оси и др.

Таким образом, система определения радиационного поражения человека представляет собой программное средство, позволяющее при наличии минимальной биологической пробы человека, путем её обработки, оценить степень поражения радиационным излучением и может быть использована в лабораториях радиационной цитогенетики.

Список литературы

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2006. – 1072 с.
2. Методы компьютерной обработки изображений [Текст] / под ред. В.А. Сойфера. – М. : Физматлит, 2003. – 784 с.
3. Павлидис Т. Обработка изображений и методы компьютерной графики [Текст] / Т. Павлидис. – М. : Радио и связь, 1988. – 400 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ФРАКТАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ НАПІВТОНОВИХ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Ільвовська А. В., Поворознюк А. І.

¹⁾ *Національний технічний університет «ХПІ»,
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002,
e-mail: anyta008@mail.ru*

Одним із методів визначення раку молочної залози є мамографія, яка дозволяє виявити пухлини та мікрокарциноми, що є основним завданням при аналізі мамограм.

Комп'ютерна обробка мамограм включає традиційні етапи обробки зображень: фільтрація та попередня обробка; підвищення якості зображення; сегментація зображень, в результаті якої на загальному зображенні виділяються зони інтересу; класифікація виділених зон інтересу.

При сегментації на зображенні можна виявити границі об'єктів, представлені ділянкою, на якій відбувається перепад яскравості. Це дозволяє діагностувати патології пов'язані з наявністю однорідних областей на мамограмі (злоякісні пухлини). Але є такі типи патологій, наприклад мікрокарциноми, що пов'язані з зображенням складною структурою, яка має фрактальний характер і на сьогоднішній день визначається візуально досвідченим лікарем мамологом.

Метою розробки є створення методів та технологій виявлення діагностично значимих характеристик медичних зображень на основі дослідження фрактальних властивостей.

Один із широко використовуваних підходів до аналізу зображень — фрактальний аналіз. Фракталами, за визначенням Б. Мандельброта, називають множини, для яких їх фрактальна розмірність більше топологічної. Як правило, такі множини мають властивості самоподібності. Характеристикою, що відображає цю самоподібність, є фрактальна розмірність. Нетрадиційні для класичної геометрії підходи, застосовувані при фрактальному аналізі, допомагають отримати нові дані про досліджуваний об'єкт, проаналізувати його досить складну, нерегулярну структуру.

У даній роботі застосовується один з алгоритмів оцінки фрактальної розмірності для аналізу і класифікації напівтонових зображень. Метод засновано на побудові над напівтоновим зображенням графіка поверхні функції градації сірого. Потім ця поверхня «потовщується» - для неї будується спеціально δ -паралельне тіло, зване покривалом. Обчислюється його об'єм, наближення до площі поверхні і фрактальна розмірність поверхні.

Нехай для напівтонового зображення задано перетворення:

$$F = \{X_{ij}, i = 0, 1, \dots, K, j = 0, 1, \dots, L\},$$

де X_{ij} – значення інтенсивності для пікселя з координатами (i, j) .

Розглянемо всі точки, що знаходяться на відстані δ від поверхні графіка функції градації сірого. Вони утворюють «покривало» товщиною 2δ , яке є δ -паралельним тілом і визначається верхньою поверхнею $u_\delta(i, j)$ та нижньою поверхнею $b_\delta(i, j)$. Для $\delta = 1, 2, \dots$ поверхні визначаються ітеративно:

$$u_\delta(i, j) = \max \left\{ u_{\delta-1}(i, j) + 1, \max_{|(m,n)-(i,j)| \leq 1} u_{\delta-1}(m, n) \right\} \quad (1)$$

$$b_\delta(i, j) = \max \left\{ b_{\delta-1}(i, j) + 1, \max_{|(m,n)-(i,j)| \leq 1} b_{\delta-1}(m, n) \right\} \quad (2)$$

(в обчисленнях ми використовуємо ближніх чотирьох сусідів).

Точка $F(x, y)$ включена у δ -паралельне тіло, якщо $b_\delta(i, j) < F(x, y) < u_\delta(i, j)$. Об'єм δ -паралельного тіла обчислюється як

$$Vol_\delta = \sum_{i,j} (u_\delta(i, j) - b_\delta(i, j)). \quad (3)$$

Площа поверхні фракталу у даній роботі обчислюється за наступною формулою

$$A_\delta = \frac{Vol_\delta - Vol_{\delta-1}}{2}. \quad (4)$$

Так як $A_\delta \approx \beta \delta^{2-D}$, то

$$D = 2 - \frac{\log_2 A_\delta}{\log_2 \delta}. \quad (5)$$

Обчислення площі поверхні графіка функції F можна провести для всього зображення або розбити його на частини і виконати обчислення для кожного клітини.

Наближене значення відношення $\frac{\log_2 A_\delta}{\log_2 \delta}$ знаходиться за методом найменших квадратів як кутовий коефіцієнт прямої в осях $(\log_2 \delta, \log_2 A_\delta)$.

Таким чином обґрунтовано застосування фрактальної розмірності при аналізі мамограм для патологій типу мікрокальцином.

Подальші дослідження спрямовані на виявлення діагностичної значущості показника фрактальної розмірності для різних типів патологій. Виконується розробка автоматизованої системи діагностування мамограм при різних типах патології. В якості середовища розробки обрано мову програмування C#.

ТЕЛЕМЕДИЦИНА В СОВРЕМЕННОЙ КАРДИОЛОГИИ

Колесник К.В., Шишкин М.А.

*Национальный технический университет «ХПИ»,
ул. Фрунзе 21, г. Харьков, Украина, 61002, e-mail: kolesniknet@ukr.net*

Современная кардиология все шире использует методы дистанционного скрининга и мониторинга состояния пациентов, что становится возможным благодаря дальнейшему развитию технологий телекоммуникаций и совершенствованию методик диагностики сердечно-сосудистых заболеваний.

При этом учитывается тот факт, что наряду с развитием технической и научной оснащенности специализированных кардиологических центров, наблюдается тенденция к росту востребованности дистанционных методов оказания медицинской помощи пациентам, которые в текущий момент находятся под наблюдением территориальных специалистов и «домашних» докторов. Это актуально как при диагностировании первичных проявлений кардиологических нарушений и первичного назначения, так и в случае оказания помощи обострению болезни у пациентов с хроническими формами заболеваний.

Взятое сейчас направление на создание медицинских информационных систем предусматривает комплексное решение вопроса оказания медицинской помощи, в том числе и пациентам с кардиологическими отклонениями. Телемедицина предусматривает как возможность проведения дистанционного обследования населения на скрытые и «вялотекущие» патологии, дистанционное диагностирование и телеконсультирование специалистами кардиологических центров, телеассистирование при хирургических методах лечения, так и последующий мониторинг состояния пациентов – в том числе и с имплантируемыми электрокардиостимуляторами и кардиовертерами-дефибрилляторами.

Идея телемониторинга кардиопациентов зародилась около 20-ти лет назад, и первоначально нашла свое подтверждение в создании технологии «Home Monitoring». Она предусматривала непрерывный съем кардиологических показателей пациента от имплантата и автоматическую передачу их в сервисный центр для обработки и анализа. В настоящее время данная система охватывает несколько тысяч клиник и сотни тысяч пациентов в Европе [1]. Однако данная система пока не может использоваться повсеместно ввиду достаточно высокой цены данной услуги.

В случае неинвазивного контроля состояния пациента, удаленного от кардиологического центра, в настоящее время используются мобильные телемедицинские комплексы, содержащие датчики биологических параметров, устройства сбора и первичной обработки сигналов, устройства передачи информации на автоматизированное рабочее место наблюдающего

врача [2]. При этом для радиомониторингового контроля состояния пациента в настоящее время возможно использование мобильных диагностических устройств типа «Юкард-200», «Телекард», «Радио Холтер» и аналогичных [3]. Эти устройства позволяют контролировать: температуру тела, артериальное давление, сердечный ритм, параметры дыхательной системы, кардиограмма и др. Однако растущие требования к качеству и надежности получаемой информации требуют дальнейшего совершенствования методов получения и обработки биомедицинской информации, в частности сигналов сложной формы (ЭКГ, ЭЭГ и др.).

Как известно, оперативная теледиагностика состояния кардиопациентов требует использования каналов связи с повышенными техническими характеристиками, что в практической реализации не всегда предоставляется возможным, тогда как применение эффективных методов предварительной обработки информации позволяют снизить эти требования без ухудшения достоверности передаваемой информации.

Сложность формы ЭКГ для ее математического анализа дает почву для дальнейших исследований с целью улучшения методов фильтрации, сжатия и идентификации ее параметров.

Наши исследования с реализацией для математического анализа сигналов сложной формы алгоритма с использованием структуры на базе нечеткой логики показали [4], что использование некоторых особенностей ЭКГ сигнала позволяет при определении параметров QRS в условиях зашумленности сигнала (или недостаточной амплитуде R зубца при нормальной его длительности) определять параметры QRS-комплекса с большей достоверностью. Такими параметрами являются величина RR интервала, продолжительность и амплитуда импульса R зубца.

Список литературы

1. Морозов В.В. Телемедицина в кардиологии: новые перспективы [Текст] / Морозов В.В., Серяпина Ю.В. // «Фундаментальные исследования». РАН. – Москва, 2011. – № 7-3. – С. 589-593.
2. Колесник К.В. Использование мобильных радиотехнических комплексов в биотелеметрии и телемониторинге [Текст] / К.В. Колесник, М.А. Шишкин, А.В. Кипенский, О.А. Ситникова // Сб. науч. тр. V Международного радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития: МРФ-2014». – т. III: конф. «Проблемы биомедицинской инженерии. Наука и технологии». – Украина, Харьков, 2014. – С. 166-171.
3. Компания «Tredex» – каталог. URL: <http://tredex-compane.com>.
4. Шишкин М.А. Нечеткая система определения параметров QRS-комплекса ЭКГ в телемедицине [Текст] / М.А. Шишкин, К.В. Колесник // Труды XVI Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии: СИЭТ-2015». – т. I. – Украина, Одесса. – 2015. – С. 42-43.

ПРЕЦИЗИЙНИЙ ТЕРМОСТАТ ПРИЛАДУ ДЛЯ БІОХІМІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ СКЛАДУ КРОВІ

Колісник К.В., Дмитрієнко С.М.
*Національний технічний університет «ХПІ»,
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002,
e-mail: kolesniknet@ukr.net.*

Сучасні методи діагностики стану пацієнта передбачають отримання біологічних показників організму людини з високою достовірністю та мінімальною похибкою вимірювання. Це можливо при використанні новітніх розробок медичної електроніки та комп'ютерних технологій.

Прийнятно до біохімічного аналізу стану крові, де передбачається визначення оптичної щільності і концентрацій: гемоглобіну, глюкози, загального білка, білірубіну, сечовини, креатиніну, лужної фосфатази, холестерину та інше, на цей час існує значна кількість електронних аналізаторів – фотометрів, таких як ВТ18-3, БВ-10, LOIP LB-212 та інші [1, 2].

Але ефективність таких приладів суцільно залежить від щільності інкубації сировотки або плазми крові, що в свою чергу визначається можливістю підтримання стабільної їх температури протягом усього дослідження, та рівномірним розподілом температури по всьому об'єму робочої камери термостату.

Існуючі прилади мають показники термостатування з точністю до $\pm 0,3$ °С, та швидкість виходу температури на режим стабілізації при внесенні реактивів та проб з температурою $+5$ °С, що дорівнює 5-7 хвилин до досягнення температури 37°C . Виконуючи вимоги технічного завдання на модернізацію біохімічного аналізатора складу крові МБА-540 [3], згідно якого виконувалась ця робота, для забезпечення достовірності отримання інформації та підвищення ефективності використання аналізаторів складу крові за рахунок технологічних факторів, потрібно було забезпечити точність термостатування до $\pm 0,1$ °С, та швидкість виходу температури на режим стабілізації при внесенні реактивів та проб з температурою $+5$ °С не більше як 3 хвилин до досягнення температури 37 °С. При цьому повинні бути враховані ергономічні та техніко-економічні показники виробу, а також забезпечена його надійність та мінімальна вартість.

Для досягнення вказаних параметрів термостату для аналізатору складу крові, було застосовано моделювання фізичних процесів робочої зони термостату та розрахунок рівномірності розподілу тепла в програмному середовищі Solid Works [4], та використано мікропроцесорне керування приладом.

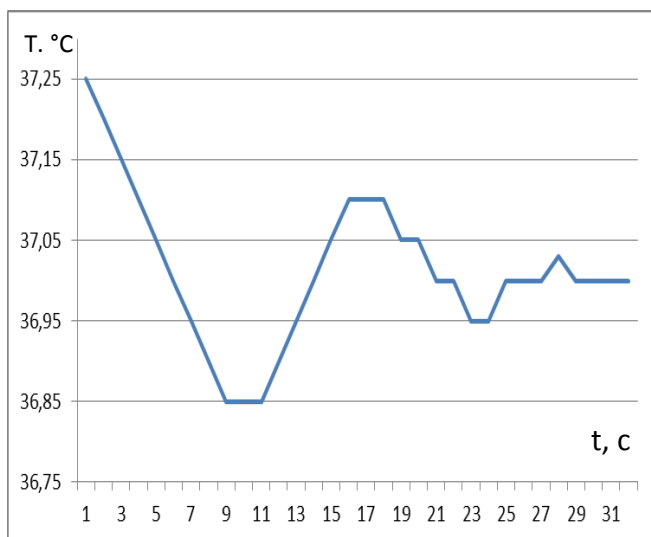


Рисунок 1 – Динаміка виходу термостату на робочий режим

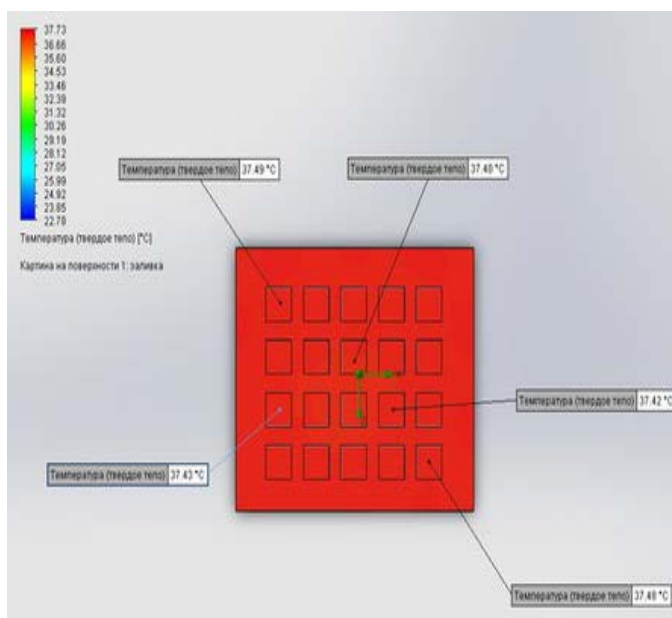


Рисунок 2 – Розподіл тепла в робочій зоні термостату

На рис. 1 показано результати моделювання динамічних показників прецизійного термостату.

Як видно з наведеного графіку, прецизійний термостат виходить на робочий режим менш ніж за 30 с.

Моделювання розподілу тепла в робочій зоні термостату (рис. 2) показало, що конструкція робочої зони термостату дає можливість відтворити точність підтримання температури в діапазоні 37°C до +/- 0,3 °C.

Таким чином, математичне моделювання процесів термостатування дало змогу підтвердити отримання заданих характеристик аналізатору біохімічних показників крові.

Данні дослідження були положені в основу модернізації біохімічного аналізатора аналізатора складу крові МБА-540.

Список літератури

1. Биохимический анализатор, Биан – Спектар-Украина. Режим доступа : <http://www.spektar.com.ua/page12/tovar11/>.
2. Термобани. Каталог продукции. Режим доступа : http://www.kom-sib.ru/catalog/termobani_1634/.
3. Технічне завдання на модернізацію біохімічного аналізатора складу крові МБА-540. – Харків, 2015. – 8 с.
4. Прохоренко В. Solid Works. Практическое руководство [Текст] / Прохоренко В. // М. : ООО «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2004. – 448 с.

ДІАГНОСТИКА ХВОРОБИ АЛЬЦГЕЙМЕРА НА ОСНОВІ КЛАСИФІКАЦІ ПЕТ-ЗОБРАЖЕНЬ МОЗКУ ЛЮДИНИ

Крашений І.Е.

*Національний технічний університет України «КПІ»,
вул. Політехнічна, 16, 12 корпус, каб. 441, м. Київ, Україна, 03056
E-mail: igor.krashenyi@gmail.com*

Вступ

Хвороба Альцгеймера є одним з найбільш поширених нейродегенеративних захворювань серед людей похилого віку. В процесі розвитку цього захворювання відбувається загибель клітин головного мозку. Це призводить до тяжких розладів пам'яті, когнітивних функцій, а також до серйозних проблем в емоційно-особистісній сфері і поведінці [1]. Оскільки під час перебігу даного захворювання відбуваються суттєві зміни у церебральному кровотоці людини, то одним із основних методів діагностики даного захворювання є позитронно-емісійна томографія (ПЕТ). Даний метод дозволяє дослідити функцію мозку за допомогою аналізу позрізових ПЕТ-зображень, що відображають функціональний стан мозку. Якісний візуальний аналіз цього зображення є складною процедурою, тому існує необхідність в розробці методів автоматичної діагностики та класифікації. На сьогоднішній день існує велика кількість методів автоматичної діагностики, що засновані на обробці зображень та використовують різні ознаки зображень ПЕТ для класифікації [1].

Метою даної роботи є дослідження можливості використання апарату нечіткої логіки для діагностики хвороби Альцгеймера у комбінації з функціональними ПЕТ зображеннями.

1. Матеріали і методи

В даній роботі була використана частина бази даних томографічних зображень ADNI (adni.loni.usc.edu). Дана база містить в собі 249 FDG ПЕТ-зображень пацієнтів на різних стадіях хвороби Альцгеймера.

Всі зображення були попередньо оброблені. Була виконана просторова нормалізація, а також реорганізація вокселів для відповідності всіх зображень одному єдиному стандартному шаблону. В якості ознак в даній роботі пропонується використовувати середній церебральний кровоток в локальних областях мозку з найістотнішими змінами під час хвороби Альцгеймера. Для розрахунку даних ознак був використаний спеціальний анатомічний атлас IBASPM, що складається з 116 регіонів [2]. Для сортування регіонів за найбільшими змінами був використаний t -критерій для двох незалежних вибірок. в кожному з яких було розраховано середній кровоток. В даній роботі пропонується використовувати 24 області, зміни в яких являються найбільш суттєвими.

Для класифікації в даній роботі пропонується використовувати систему нечіткого виводу Сугено побудовану за методом *c-means* [3]. Використання апарату нечіткої логіки можна обґрунтувати тривалістю розвитку хвороби Альцгеймера та неможливістю точно визначити стадії хвороби.

2. Результати

Для валідації роботи класифікатора була використана методика *leave-one-out* [4]. В якості критерія оцінки якості в даній роботі пропонується використовувати стандартні діагностичні міри, відомі у статистиці як класифікаційні функції. Дані міри можна обчислити на основі матриці невідповідностей [4].

В результаті отримані такі показники: *точність* = 0.8602, *специфічність* = 0.8428, *чутливість* = 0.8787, *позитивна прогностична точність* = 0.8405.

Висновки

В роботі були досліджені відмінності між здоровими та хворими пацієнтами хворобою Альцгеймера. Представлені результати дослідження показують, що використання апарату нечіткої логіки дозволяє побудувати високоякісний класифікатор для діагностики хвороби Альцгеймера.

Запропонована в даній роботі система може бути використана як система підтвердження рішення лікаря. Запропоновані в даній роботі ознаки томографічних зображень позитронно-емісійної томографії можуть бути використані також у комбінації з іншими класифікаторами та методами машинного навчання.

Список літератури

1. Nowotny P. Alzheimer Disease / P. Nowotny, J. Known, A. Goate. // ENCYCLOPEDIA OF LIFE SCIENCES Nature Publishing Group www.els.net. – 2001. – С. doi10.1038/npg.els.0000228.
2. Alemán-Gómez Y. IBASPM: Toolbox for automatic parcellation of brain structures. 12th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping / Y. Alemán-Gómez, L. Melie-García, P. Valdés-Hernandez. // Neuroimage. – 2006. – №27.
3. Bezdek J. The fuzzy *c-means* clustering algorithm / J. Bezdek, R. Ehrlich, W. Full. // Computers&Geosciences. – 1984. – №10. – С. 191–203.
4. Mathematical statistics and data analysis – Belmont: DuxburyPress, 2007. – 688 p. – (Available 2010 Titles Enhanced Web Assign).

АДАПТИВНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Мещанинов С.К., Льдовская А.В., Трикило А.И., Ключко К.А.
Днепродзержинский государственный технический университет,
ул. Днепростроевская, 2, г. Днепродзержинск, 51918,
sergey.meshaninov@mail.ru

Рассмотрены вопросы дистанционного on-line мониторинга психофизиологического состояния человека-оператора, а также спортсменов в режиме тренировок.

В настоящее время активно разрабатываются различные методы характеристики психофизиологического (ПС) и психоэмоционального состояния (ПЭС) человека.

В силу актуальности данной задачи, потребность в аппаратуре, осуществляющей анализ требуемого уровня, в настоящее время очень высока. Ограничения применимости аппаратуры связаны с ограниченными возможностями биометрических методик реализуемых в них. Для достижения требуемого уровня контроля ПЭС в последнее время стали разрабатываться новые и модернизироваться существующие методы биометрии. Однако необходимых результатов в данном направлении достигнуто не было. Очевидно, что желаемый результат может быть достигнут путем создания адаптивной модели системы биометрического мониторинга ПС человека в режиме реального времени.

Работы в этом направлении идут не одно десятилетие, известны системы «прослушивания» на людных улицах, которые выдают сигнал тревоги уже при появлении «повышенных» интонаций в речи прохожих.

В качестве математической модели адаптивной системы дистанционного контроля ПС человека авторами предложено следующее выражение:

$$S = F[\alpha, \beta, \gamma, t], \quad (1)$$

где: α – группа неизменных параметров конкретного человека, которые не будут изменяться в течение всей его жизни, см. табл. 1, $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}$;

β – квазипостоянные биометрические параметры, которые характеризуют ПС человека, то есть те параметры, которые меняются (табл. 2).

$\beta = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\}$; γ – непрерывно меняющиеся биометрические параметры, которые характеризуют ПС человека (табл. 3), $\gamma = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k\}$;

t – время.

Предложенная математическая модель и набор биометрических параметров могут быть использованы на каком-либо конкретном производстве с условием учета его особенностей и специфических

требований к работающим, а также в случаях необходимости реализации биометрического контроля за ПС спортсменов в режиме подготовки к соревнованиям или тренировок.

Таблица 1– Неизменные биометрические параметры ПС человека

№ п/п	Наименование	Значение (индекс)	Примечания
1	Пол	Мужской/ женский α_1	–
2	Наследственные особенности	α_2	Наличие наследственных болезней, характеристика места жительства с экологической точки зрения и т.п.
3	Национальность	α_3	–
4	Тип нервной системы	Симпатотоники Ваготоники Нормотоники α_4	Оптимизация физической трудоспособности индивидов с разным доминирующими отделами вегетативной нервной системы
5	Цвет радужной оболочки глаза	α_5	–

Таблица 2 – Квазипостоянные биометрические параметры, которые характеризуют ФС человека

№ п/п	Наименование	Значение (индекс)
1	Место жительства	β_1
2	Вид деятельности	β_2
3	Материальное состояние	β_3
4	Семейное положение	β_4
5	Наличие детей	β_5
6	Размеры глаз, нормальные для данного индивида	β_6
7	Размеры зрачка, нормальные для данного индивида	β_7
8	Комфортность условий труда (спортивного зала, площадки)	β_8

Таблица 3 – Непрерывно меняющиеся биометрические параметры, которые характеризуют ПС человека

№ п/п	Наименование	Значение (индекс)	Примечания
1	Возраст	γ_1	–
2	Наличие заболеваний	γ_2	Острые, хронические, наследственные, приобретенные в результате несчастных случаев экологической ситуации, вредных привычек и т.п.
3	Вид трудовой деятельности	γ_3	–
4	Наличие вредных привычек	γ_4	–
5	Сложность конкретной задачи	γ_5	–

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЛІКАРСЬКО-ДІАГНОСТИЧНИХ ЗАХОДІВ

Мумладзе Г.Р., Поворознюк А.І.
*Національний технічний університет «ХПИ»,
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002*

На теперішній час спостерігається перехід від традиційних медичних інформаційно-пошукових систем до інтелектуальних комп'ютерних систем підтримки прийняття рішень в медицині із розвиненим математичним апаратом та елементами експертних систем.

Процес реабілітації пацієнтів складається з двох пов'язаних етапів: діагностики захворювання та лікування виявлених патологій. Дані етапи не мають чіткої межі, тому що після постановки діагнозу та призначення лікувального комплексу необхідно проводити постійний моніторинг ефективності процесу лікування та, при необхідності, його корегування. Ризик прийняття неправильного рішення на вказаних етапах може призвести до трагічних наслідків для здоров'я пацієнта.

Існує широкий спектр комп'ютерних систем, які застосовуються на етапі постановки діагнозу, проте на етапі медикаментозної реабілітації підтримка зазвичай обмежується довідником фармацевта.

В таких системах діагностика захворювань зводиться до задачі класифікації стану пацієнта при аналізі вектора діагностичних ознак X_i (симптомокомплексу), при цьому результатом діагностики i -го пацієнта D_i може бути деяка кількість альтернативних захворювань [1].

Такий підхід мінімізує ризик неправильного визначення діагнозу, але ризики, що виникають під час лікувальних заходів, не враховуються. Тому задача мінімізації ризиків при комплексній оцінці всіх етапів лікувально-діагностичного процесу на сьогоднішній день являється актуальною.

Метою роботи є розробка системи підтримки прийняття рішень на етапах діагностики і лікування, в якій реалізовано синтез бінарного дерева рішень по критерію мінімуму помилок в призначенні комплексу лікарських препаратів.

Для диференційної діагностики в заданій предметній галузі необхідно синтезувати бінарне дерево рішень S_D (рис.1) в кожній вершині якого реалізовано ймовірнісне вирішальне правило, за допомогою якого визначається один з альтернативних потомків на основі аналізу діагностичних ознак.

Синтез S_D зазвичай виконується по критерію мінімізації помилок першого та другого роду, які залежать від розташування еліпсоїдів розсіювання в просторі ознак, але при комплексній оцінці лікувально-діагностичного процесу необхідно використовувати критерій мінімізації помилок в призначенні комплексу лікарських препаратів (КЛП).

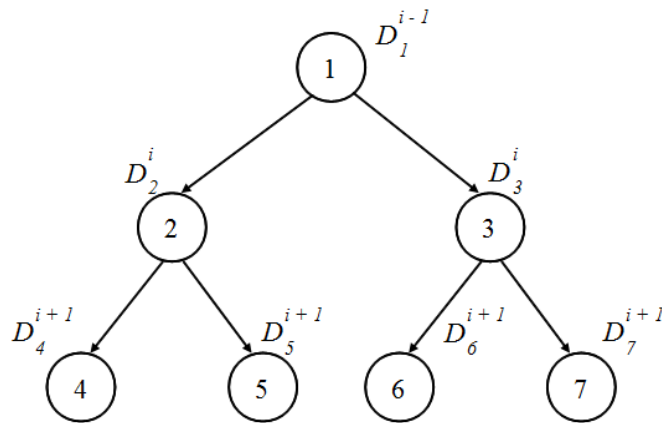


Рисунок 1 – Бінарне дерево рішень для постановки діагнозу

В роботі розглянуте поняття фармакологічних дій (F_D), та їх зв'язок із діагностичними результатами. Враховуючи те, що кожний діагноз характеризується вектором необхідних F_D , які повинні бути покриті КЛП з урахуванням їх несумісності та індивідуальної непереносимості, в роботі пропонується перехід з традиційного простору діагностичних ознак у простір фармакологічної дії.

Був запропонований механізм для переведення $\{D_i\}_n$ із простору X_i в простір F_D , який, через дихотомічну природу F_D , представляється у вигляді гіперкубу мірності g , яка відповідає загальній кількості всіх F_D , відповідної області медицини, а кожен D_i є вершиною гіперкубу. Тоді для ієрархічної кластеризації $\{D_i\}_n$ використовується потокова модель, у якій D_i представляються вершинами повнозв'язного графа, а вагою кожної дуги графа V_{ij} є зважена Хемінгова відстань, яка характеризує ступінь зв'язності між двома діагнозами D_i та D_j у просторі F_D . Застосування ієрархічної кластеризації за критерієм мінімуму сумарного зв'язку (пошук мінімального розрізу R) у просторі F_D забезпечує мінімум ризику прийняття неправильного рішення на етапі формування КЛП при синтезі дерева рішення S_D на етапі діагностики.

Розроблена структурна схема системи підтримки прийняття рішень, що повинна надавати підтримку на протязі всього лікувально-діагностичного процесу. На даному етапі виконується вибір необхідної предметної області медицини, її аналіз та формування множини вхідних даних для подальшої обробки.

Список літератури

1. Поворознюк А.И. Системы поддержки принятия решений в медицинской диагностике. Синтез структурированных моделей и решающих правил [Текст] / А.И. Поворознюк – Saarbrücken Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 314 с.

ПАЦІЄНТ-СПЕЦИФІЧНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕПІЛЕПТИЧНИХ НАПАДІВ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЗВ'ЯЗКІВ МІЖ ОБЛАСТЯМИ МОЗКУ

Панічев О.Ю.¹⁾, Попов А.О.¹⁾, Харитонов В.І.²⁾

¹⁾ *Національний технічний університет України «Київський Політехнічний Інститут», вул. Політехнічна, 16, 12 корпус, каб. 441, м. Київ, Україна, 03056*

²⁾ *ТМО «Психіатрія», вул. Кирилівська, 103-А, м. Київ, Україна, 04080*

Вступ. Епілепсія – це група неврологічних захворювань, що супроводжуються раптовими нападами. Такі напади можуть мати різний прояв від малопомітних до тривалих судом з втратою свідомості. Понад 1% у світі людей хворі на епілепсію, в 2013 році більш ніж 116 тисяч людей померли від або під час епілептичного нападу [1]. Третина людей, що хворіють на епілепсію, мають стійку до медикаментозного лікування форму захворювання. Для таких людей система, що могла б прогнозувати наближення епілептичного нападу задля попередження або запобігання початку нападу, значно підвищила би якість життя. Більшість захворювань мозку та нервової системи мають характерний прояв в електроенцефалограмі (ЕЕГ), тому електроенцефалографія є невід'ємною частиною діагностики неврологічних захворювань [2]. Метою даної роботи є дослідження можливості використання для прогнозування епілептичних нападів характеристик ЕЕГ, що є мірою зв'язків між областями мозку.

1. Прогнозування епілептичних нападів. Задача прогнозування епілептичних нападів представляє собою задачу класифікації, в якій сигнал, що аналізується, можна розділити на дві області в часі, що належать до одного з двох класів - «між нападами» та «перед нападом» [3]. Для тренування такого класифікатора використовуються набори характеристик, отриманих з сигналу з відомим часом початку і кінця епілептичного нападу. Для оцінки роботи класифікатора використовують тестову вибірку характеристик, для якої визначають оцінки роботи класифікатора. До них відносяться чутливість, специфічність, площа під ROC-кривою (area under the receiver operating characteristic curve або AUC), F1 score та багато інших, які обирають в залежності від розміру та збалансованості вибірки, типу класифікатора та ін.

2. Зв'язки між областями мозку. В даній роботі пропонується дослідити коефіцієнти кореляції між каналами ЕЕГ як міру зв'язку між областями мозку. Вираз для кореляції між каналами однієї епохи K -канального сигналу ЕЕГ має вигляд:

$$r_{mn} = \frac{\sum_{i=1}^N \left(x_i^m - \overline{x^m} \right) \left(x_i^n - \overline{x^n} \right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \left(x_i^m - \overline{x^m} \right)^2 \sum_{i=1}^N \left(x_i^n - \overline{x^n} \right)^2}} \quad (1)$$

де N – кількість відліків в епосі; x^m та x^n – відліки m -того та n -того каналів, відповідно; $\overline{x^m}$, $\overline{x^n}$ – середні значення відліків m -того та n -того каналів, відповідно.

Результати. Для дослідження була використана база даних записів ЕЕГ 19 пацієнтів (12 з фокальними епілептичними нападами та 7 з генералізованими) віком від 1 до 25 років. Всі сигнали були записані під час нічного моніторингу в клініці під наглядом лікаря. Загальна тривалість записів складає 163 години і містить 118 епілептичних нападів. Довжина інтервалу «перед нападом» була задана рівною 10 хвилинам. Тривалість епохи при визначенні кореляції між каналами ЕЕГ дорівнювала 30 секундам. Для класифікації використовувався метод опорних векторів. Робота класифікатора оцінювалась за допомогою визначення площі під ROC кривою (AUC). Для пацієнтів з фокальними епілептичними нападами середнє значення AUC дорівнює **0,89** (СКВ = 0,07), з генералізованими – **0,93** (СКВ=0,04).

Висновки. В даній роботі було досліджено пацієнт-специфічне прогнозування епілептичних нападів на основі аналізу зв'язків між областями мозку. Було виявлено, що при використанні коефіцієнтів кореляції між каналами ЕЕГ як міри зв'язку між областями мозку, можна отримати доволі високі значення AUC. Це свідчить про те, що при наближенні епілептичного нападу відбуваються характерні зміни в електричній активності різних областей мозку і запропонована характеристика сигналу ЕЕГ є чутливою до наближення епілептичного нападу. Отримані результати та запропонований метод прогнозування можуть бути використані для побудови системи попередження та запобігання початку епілептичних нападів.

Список літератури

1. GBD 2013 Mortality and Causes of Death Collaborators, Global, regional, and national age-sex specific all-cause and cause-specific mortality for 240 causes of death, 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 // *Lancet*. – 2015. – 385(9963). – P.117-171.
2. Зенков, Л. Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии) [Текст] / Л. Р. Зенков. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 1996. – 358 с.
3. Mormann, F. Seizure prediction: the long and winding road / F. Mormann, R.G. Andrzejak, C.E. Elger, K. Lehnertz // *Brain*. – 2007. – Vol. 130. – P. 314-333.

АНАЛИЗ ЗВУКОВ ДЫХАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИК ВЫСШИХ ПОРЯДКОВ

Порева А.С., Гончаренко А. А.

*Национальный технический университет Украины «КПИ»,
Кафедра физической и биомедицинской электроники,
ул. Политехническая 16, ауд. 413а, г. Киев, Украина, 03056
e-mail: porevanna@gmail.com*

Одним из широко распространенных профзаболеваний является хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ). Несмотря на успехи медицины, данная болезнь неизлечима и в ближайшие 15 лет смертность от нее может составить 1/3 летальных случаев в мире [1].

Для более точной и объективной диагностики больных ХОБЛ следует более детально изучать, как продолжительность дыхательного цикла в целом, так и его фаз (вдоха и выдоха), с точки зрения выявления в артефактов, свидетельствующих о наличии диагностических признаков обусловленных той или иной патологией элементов бронхолегочной системы [2].

В данном исследовании были проанализированы звуки легких здоровых людей и больных ХОБЛ. Для каждого пациента звуки легких синхронно регистрировались в четырех каналах: два – на грудной клетке впереди и два – на спине. Точки фиксации датчиков выбирались врачом.

При помощи разработанного авторами метода [3], сигналы перед непосредственным анализом были разделены на отдельные фазы вдоха-выдоха. При этом первый и последний циклы были исключены из анализа, так как начало и конец записи могут не совпадать с началом и концом цикла, что вносит погрешность в усредненные данные.

Разработанный метод включает в себя расчет ряда параметров, приведенных в таблице 1.

Значение функции бикогерентности, несущее в себе информацию о фазовых составляющих биспектра. Было выявлено что, для здоровых людей значение функции бикогерентности γ_{3max} в 90% случаев имеет значение меньше 20. Для больных ХОБЛ, для тех фаз дыхания, в которых присутствует дыхательный артефакт, γ_{3max} , как правило, больше 50. Таким образом, у врача появилась возможность определить не просто наличие артефакта, но и локализовать его в определенных дыхательных фазах.

Второй признак болезни – это различия на диагональном срезе трехмерного представления функции бикогерентности. Для здоровых людей характерно наличие вершин для значений бичастот $f < 0,05$, а для больных ХОБЛ в большинстве случаев такие «всплески» бикогерентности отсутствуют.

Еще одним характерным признаком может служить значение модуля

функции асимметрии c_3 , который также относится к аппарату статистик высокого порядка. Значение коэффициентов c_3 для здоровых людей не превышает значение 0,15 в 90% измерений, в то время, как для больных ХОБЛ это значение в 85% случаях всех измерений была значительно больше 0,15.

Таблица 1– Сравнение численных параметров здорового и больного ХОБЛ.

Каналы	Признаки	больной	больной	здоровый	здоровый
1	c_3	0.074203	-0.197463	0.0284629	0.0402045
2	c_3	0.237508	0.0436264	0.00286352	-0.0342995
3	c_3	0.677475	0.0350156	-0.0783504	-0.0369394
4	c_3	-0.205197	1.72999	-0.0300445	-0.0512928
1	γ_{3max}	21.6943	39.9928	4.2391	3.8670
2	γ_{3max}	2.9940	0.2710	0.7124	0.1263
3	γ_{3max}	267.4501	40.8481	0.5394	0.5336
4	γ_{3max}	13.5588	198.8567	9.6318	0.1828

При анализе отдельных циклов больных ХОБЛ видно, что полученные данные в каждом цикле отличны, так как расположение очагов поражения легких носит локальный характер, и данные, полученные в разных циклах, могут зависеть не только от размещения датчика, но также от глубины вдохов.

В данном исследовании проводился анализ звуков дыхания здоровых людей и пациентов с ХОБЛ, разделенных на циклы. В результате предложенный метод, основанный на расчете функций бикогерентности и коэффициентов асимметрии, позволяет осуществить классификацию звуков по соответствующим категориям. Показано, что данный метод является более информативным, чем без деления на циклы, так как при разной глубине вдоха показания могут нам указать насколько глубоко локализовалась болезнь.

Список литературы

1. Global strategy for the diagnosis, management and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. Global initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Updated 2008. Available from : <http://www.golodcopd.com/>.
2. Черняев А.Л. Патологическая анатомия хронической обструктивной болезни легких и бронхиальной астмы: сходства и различия [Текст] / Черняев А.Л., Самсонова М.В. // Атмосфера. Пульмонология и аллергология. – 2013. – № 1. – С. 55-60.
3. Poreva A. Detection of COPD's Diagnostic Signs Based on Polyspectral Lung Sounds Analysis of Respiratory Phases / A. Poreva, Y. Karplyuk, A. Makarenkova, A. Makarenkov // 35th International Scientific Conference Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2015. – P. 351-355.

ПРОБЛЕМЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Родин С.И., Поворознюк А.И.

Национальный технический университет «ХПИ»

ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002,

e-mail: rodinsergey64@gmail.com

Бурное развитие современных систем диагностики приводит к постоянному увеличению количества цифровых изображений, получаемых в различных медицинских учреждениях. Для эффективного использования в диагностическом процессе эти изображения должны быть оперативно проанализированы, количественно оценены и проинтерпретированы.

Известно, что на сегодняшний день значительная доля медицинских информации представлена трехмерными изображениями, и их пропорция в общем объеме диагностических данных постоянно растет. Тем не менее на практике большинство томографических изображений все еще анализируются «вручную». В связи с тем задача автоматизированной диагностики патологических процессов по данным медицинских изображений далека от своего разрешения. Актуальной проблемой остается определение оптимальных методов параметрического описания объектов интереса, что может оказывать непосредственное влияние на качество их классификации.

С развитием информационных и компьютерных технологий в медицине появились новые возможности для повышения эффективности обнаружения объектов интереса на изображениях. Специализированные системы для анализа и обработки медицинских изображений позволяют производить преобразования изображений в различных целях. Однако применение подобных систем требует от пользователя высокой квалификации в области анализа и обработки изображений и связано с рядом трудностей. С одной стороны, при выборе метода обработки изображения пользователь руководствуется лишь своими знаниями и опытом, и, следовательно, этот выбор может быть неоптимальным для достижения поставленной цели преобразования. С другой – перебор всех имеющихся в системе методов (или комбинаций методов) может потребовать слишком много времени.

При визуальном обнаружении этих объектов, т.е. при выполнении первого шага на пути диагностики по медицинскому изображению, могут возникнуть проблемы. С одной стороны, они обусловлены особенностями самих изображений, с другой - ограниченностью характеристик зрительной системы исследователя и искажениями, возникающими в изображениях при получении и отображении. Поэтому решение задач, связанных с повышением эффективности выявления исследователем

небольших малоконтрастных объектов интереса на медицинских изображениях, представляется актуальным.

В настоящее время в области обработки и анализа изображений выделяют пять основных классов методов и алгоритмов:

1. *Улучшение качества.* Методы данного класса используются для уменьшения шумов, удаления артефактов, реформатирования и интерполяции, компенсации пространственных искажений, повышения контраста области интереса изображения.

2. *Сегментация.* Целью сегментации изображения является отделение анализируемого объекта, структуры от окружающего фона.

3. *Количественный анализ.* Целью анализа есть выделение диагностической информации о размерах, форме, текстуре, морфологии и особенности динамики во времени.

4. *Сжатие, архивирование, хранение, и поиск в базах данных.* В последние годы в связи со значительным ростом количества и размеров снимаемых цифровых диагностических изображений роль этого направления постоянно возрастает. Задачи данного типа традиционно решаются в рамках так называемых системах архивирования и передачи медицинских изображений.

5. *Визуализация и виртуальная реальность.* Используемые методы и алгоритмы развиваются на стыке трёхмерной компьютерной графики, систем компьютеризированной диагностики, а также систем виртуальной реальности.

Для проведения оптимальной (в смысле достижения поставленной цели) и быстрой (по сравнению с перебором всех имеющихся в системе методов) обработки изображения следует обеспечить автоматизированный выбор подходящего метода обработки изображения. Поскольку именно исследователю, в конечном итоге, предназначено медицинское изображение, то чтобы достичь повышения эффективности обнаружения им объектов интереса, обработка должна быть направлена на улучшение восприятия этого изображения зрительной системой исследователя.

На сегодняшний день еще не разработано такого программного обеспечения для работы со всевозможными медицинскими изображениями разного типа. Задача улучшения качества таких изображений остается актуальной. Но имея большую базу знаний, накопленных за последнее время медиками можно и нужно создать единую базу, которая будет пополняться новым материалом и быть полностью открыта для общего доступа. Имея большой опыт работы с медицинскими изображениями и современные компьютерные технологии можно на основе этих знаний создать программу, которая бы помогала врачам в установке правильного диагноза по изображениям пациентов.

МЕТОД И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ РЕПРОДУКТИВНОЙ ФУНКЦИИ САМОК МЛЕКОПИТАЮЩИХ ПО ТЕМПЕРАТУРНОМУ ПОКАЗАТЕЛЮ

Самынина М.Г.¹⁾, Шигимага В.А.²⁾

¹⁾ *Институт животноводства НААН, ул. 7-й Гвардейской Армии, 3, г. Харьков, Украина, 62404, e-mail: radugadata@mail.ru*

²⁾ *Национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, ул. Артема, 44, г. Харьков, Украина, 61002, e-mail: biovidoc@gmail.com*

Работа посвящена разработке метода и технических средств термометрии для повышения достоверности диагностики репродуктивной функции самок млекопитающих. Перспективность этого направления связана с активным развитием сектора вспомогательных репродуктивных технологий в сфере биомедицины [1], поэтому особый интерес представляет достоверное определение полового статуса у животных, которые выступают в качестве модельного объекта исследований [2]. Кроме того, для термометрических методов диагностики существует возможность автоматизации передачи и сохранения информации, особенно в случаях, когда необходимо проводить длительный мониторинг [3].

В работе проведено теоретическое обоснование процесса дифференциальной термометрии при смене фаз полового цикла. Для этого построены модели распределения температур в половых путях. Установлено, что наиболее точной является физико-математическая модель распределения температур в трубке с теплопроводностью, изменяющейся по линейному закону $a + bx$ с координатой x :
$$T = T_1 + (T_1 - T_2) \ln \left| \frac{a + bx}{a} \right| / \ln \left| \frac{a}{a + bl} \right|$$
, где l – длина трубки; T_1 и T_2 – температуры на концах трубки. Относительная погрешность модели составила 0,03 %. По результатам моделирования был теоретически определен уровень разности температур как пороговый критерий для диагностики фаз полового цикла. Это позволило определить требования к аппаратуре и условия для экспериментальных исследований. Для объяснения механизма изменений разностного показателя разработана имитационная электрофизическая модель формирования температурного градиента в половых путях.

В работе спроектировано автоматизированное устройство с использованием телеметрической системы для диагностики репродуктивной функции самок млекопитающих по разности температур (рис. 1).

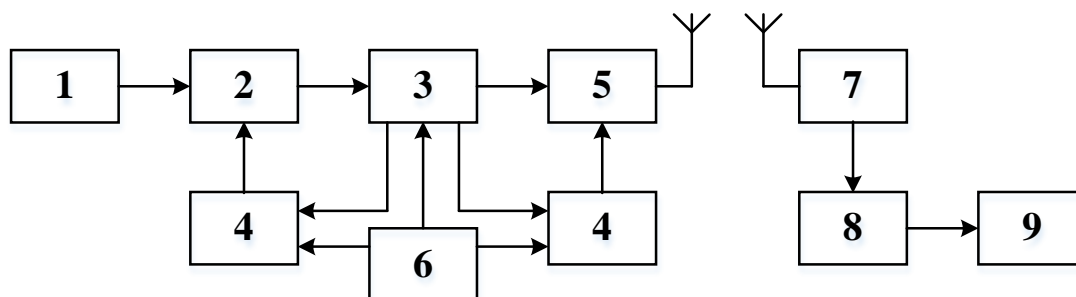


Рисунок 1 – Блок-схема устройства: 1 – модуль датчиков, 2 – блок усиления, 3 – микроконтроллер (МК), 4 – интегральные стабилизаторы напряжения, 5 – радиомодуль передатчика, 6 - блок напряжения питания, 7 – радиомодуль приемника, 8 – USB-интерфейс, 9 – компьютер

В качестве датчиков температуры использованы кремниевые транзисторы, отсортированные заводом-изготовителем по температурному коэффициенту и коэффициенту усиления тока, что обеспечивает симметрию параметров в схеме измерения разности температур и хорошую взаимозаменяемость датчиков. Режимы работы измерительной и радиопередающей частей (блоки 1-5) задаются программой МК, который, кроме того, преобразует в цифровые коды уровни напряжения с выходов датчиков с помощью внутренних АЦП и сохраняет серию результатов измерений для дальнейшей передачи на компьютер.

В ходе экспериментальных исследований было показано, что влияние суточных ритмов и температуры окружающей среды на разность температур в половых путях минимальное, а использование этого температурного параметра способствует повышению достоверности диагностики репродуктивной функции. Проверена гипотеза о том, что теоретически определенный уровень разности температур может быть использован в качестве порогового критерия для диагностики фазы полового цикла и овуляции. Показано, что применение порогового критерия способствовало увеличению количества оплодотворенных коров, выбранных в качестве модельного объекта исследования, на 22,0 %.

Список литературы

1. Bovine in vitro reproduction models can contribute to the development of (female) fertility preservation strategies / An Langbeen, Hannelore F.M. De porte, Esther Bartholomeus [et al.] // *Theriogenology*. – 2015. – V. 84, № 4. – P. 477-489.
2. The Use of Domestic Animals as Biomedical Models Large animal models for the study of ovarian follicular dynamics in women / G.P. Adams, J. Singh, A.R. Baerwald // *Theriogenology*. – 2012. – № 78 – P. 1733-1748.
3. Automation of oestrus detection in dairy cows: A review / R. Firk, E. Stamer, W. Junge, J. Krieter. // *Livest. Prod. Sci.* – 2002. – № 75(3). – P. 219-232.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ МІОГРАФІЇ В СИСТЕМАХ РОЗПІЗНАВАННЯ РУХІВ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК ЛЮДИНИ

Святний Є.В., Велігорський О.А.

Чернігівський національний технологічний університет,
вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, e-mail: alexveligorsky@inel.stu.cn.ua

Міографія – метод дослідження активних потенціалів різних груп м'язів опорно-рухового апарату, які виникають при збудженні м'язових волокон. Даний метод активно застосовується в медицині, в задачах біомехатроніки, зокрема, для задач розпізнавання рухів, в нашому випадку – рухів верхніх кінцівок людини. Така задача виникає як в пристроях побутового призначення (дистанційне керування приладами за допомогою жестів руками), так і у військових (передача стандартних команд рухами руки в групах спецпризначення). Першим етапом при розробці подібних біомедичних приладів є вибір найбільш прийнятної для вирішення поставлених задач методу міографії, на що і спрямована дана робота.

Класифікація основних методів міографії зображена на рис. 1.



Рисунок 1 – Класифікація видів міографії

Основним елементом класичної *поверхневої міографії*, який дає змогу вимірювати активність м'язів, є електроди, які знімають потенціал, створений м'язами, з поверхні шкіри людини [1]. Переваги: невисока вартість системи вимірювання та її простота, недоліки – контакт зі шкірою (а отже, необхідне попереднє очищення шкіри) та залежність точності вимірювання від глибини залягання м'язів та їх розмірів.

В останні роки популярність набирає *імпедансна міографія*: змінний струм деякої частоти проходить через один з електродів, що прикладається до певної м'язової групи, через м'язи та через інший електрод замикає коло. Таким чином, протікання струму викликає появу активного потенціалу, який реєструється і, за законом Ома знаходиться імпеданс шкіри, який змінюється в залежності від стану м'язів. До переваг відносять простоту алгоритму вимірювання та невисоку вартість сенсорів, недоліки – наявність електродів, додаткове джерело живлення змінного струму.

В основі *оптичної міографії* [2] знаходиться камера та відповідні маркери, які розміщуються на поверхні руки. Маркери розташовуються на характерних ділянках шкіри для того, щоб фіксувати рухи пальців. Відсутність електродів та висока точність вимірювання є перевагами даного методу. Однак, суттєвими недоліками є необхідність точного

встановлення камери та її висока роздільна здатність, що може призвести як до збільшення вартості системи, так і неможливості адекватної оцінки у складних умовах (поле бою, задимленість, темна пора доби).

Силова міографія [3] для реєстрації активності м'язових волокон проводить вимірювання зміни тиску, який чинить шкіра на детектор, в ролі якого виступає тензорезистор (опір резистора обернено пропорційний силі, що діє на його поверхню). Переваги: відсутність залежності точності вимірювання від глибини залягання м'язів, компактність системи та простота. Недоліки: контакт зі шкірою.

У *радіоміографії* процес дослідження зводиться до опромінення відповідної ділянки тіла людини радіохвилями за допомогою антени та фіксації фази відбитої хвилі. Перевагами є відсутність контакту зі шкірою та нечутливість до глибини залягання м'язів. Недолік – можливість отримання спотвореного відбитого сигналу за рахунок впливу інших коливань з навколишнього середовища.

Механічна міографія [4] базується на генерації звуку та вібрації при напруженні м'язів, які фіксуються високочутливими мікрофонами, акселерометрами або лазером. Загалом, мікрофони можуть розміщуватись як на деякій відстані від шкіри, так і на її поверхні. Амплітуда механічної міограми є дещо більшою, ніж електроміограми, що призводить до більш широких потенційних можливостей такого методу. Однак, її неможливо використовувати у складних та нестандартних умовах (наявність одягу, зовнішній шум), також необхідна висока точність встановлення датчиків.

Виходячи з аналізу зазначених вище переваг та недоліків, можна зробити висновок, що для задач розпізнавання рухів верхніх кінцівок людини у побутових та військових використаннях найбільш прийнятними є поверхнева та силова міографія. Вибір кращого з двох повинен базуватись на результатах майбутніх експериментальних досліджень.

Список літератури

1. Gerold V. M. An Implantable Myography Electrode for Recording Muscle Activity in Freely Moving Small Animals – A New Technological Approach / Gerold V. M. et al. // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. 1982. – Vol. BME-29, №11. – P. 730-736.
2. Chriatian Nissler. OMG: Introducing Optical Myography as a New Human Machine Interface for Hand Amputees / Chriatian Nissler et al. // IEEE Int. Conference on Rehabilitation Robotics. 2015. P. 937-942.
3. Gautam Sadarangani. A Wearable Sensor System for Rehabilitation Application / Gautam Sadarangani et al. // IEEE Int. Conference on Rehabilitation Robotics, 2015. – P. 672-677.
4. Alain Courteville. MMG Measurement: A High Sensitivity Microphone-Based Sensor for Clinical Use / Alain Courteville et al. // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 1998. – Vol. 45, №2. – P. 145-150.

ПРО ОЦІНКУ ІНФОРМАТИВНОСТІ ВІДВЕДЕНЬ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ У ВИЗНАЧЕННІ ТИПІВ QRS-КОМПЛЕКСІВ В РОЗПІЗНАВАЛЬНІЙ СИСТЕМІ, ЩО НАВЧАЄТЬСЯ З ВЧИТЕЛЕМ

Сікач А. В.¹⁾, Шуляк О. П.²⁾

***1) Національний технічний університет України «КПІ»,
вул. Металістів, 3, к.2-04, м. Київ, Україна, 02183,
e-mail: vichnyu@gmail.com***

***2) Національний технічний університет України «КПІ»,
вул. Леонтовича 6А, м. Київ, Україна, 01030,
e-mail: shulyak.alex@mail.ru***

Робота пов'язана з пошуком інформативних ознак захворювань [1] по кардіології в даних електрокардіографії (ЕКГ), підвищенням ймовірності правильної діагностики пацієнтів. Розглядається питання розпізнавання типів QRS-комплексів в кардіоданих, отриманих в стандартній системі дванадцяти відведень. Для прикладу взятий випадок двох типів комплексів.

Інформативність ознак оцінюється по їх впливу на імовірність правильного рішення задачі. Признаками є відліки характеристики форми QRS-комплексів у вікні їх спостереження [2].

Для підтвердження результативності відбору ознак спочатку виконується оцінка правильності рішення задачі при повному складі ознак, що враховуються під час розпізнавання.

Прийняття рішення ґрунтується на розрахунку кореляційних інтегралів для порівняння образів. Інтеграли розраховуються як скалярні здобутки векторів, що порівнюються, після попереднього нормування їх довжини, в результаті чого енергії сигналів набувають одиничні значення.

Пошук найбільш інформативних ознак реалізується послідовно в кожному відведенні. При цьому визначається інформативність кожного відліку і вони ранжуються за цією ознакою.

В подальшому реалізується процедура послідовного виключення найгірших відліків з контролем зміни правильності розпізнавання типів комплексів шляхом підрахунку кількості вірних и помилкових рішень. І це продовжується до тих пір, доки має місце підвищення якості розпізнавання образів.

При кожному новому складі ознак виконується їх нормування.

В результаті зазначених дій по кожному відведенню стає визначеним доцільний для нього склад ознак, що враховується під час розпізнавання образів.

Разом з тим, кожне відведення набуває показника якості рішення задачі, який виражає інформативність цього відведення.

В цьому полягає основний зміст підходу до оцінки інформативності окремих відведень ЕКГ у вирішенні задачі розпізнавання типів QRS-комплексів в розпізнавальних системах, що навчаються з учителем.

Використання результатів, що отримуються таким чином, допускають різноманітні варіанти.

Зокрема, показники інформативності окремих відведень ЕКГ можуть бути використані як вагові коефіцієнти в узагальненому формальному критерії прийняття рішення стосовно типів QRS-комплексів [3].

У цьому разі рішення розпізнавального алгоритму в кожному відведенні набуває зазначеної ваги, а максимум цієї сумарної ваги вказує на варіант рішення, який доцільно прийняти.

Крім того, результати аналізу відведень по інформативності вказують також на доцільний порядок послідовного аналізу даних по відведеннях при розпізнаванні типів комплексів.

Ці правила можуть застосовуватись на довільних підмножинах відведень ЕКГ, що використовуються під час прийняття рішень.

Алгоритм прийняття рішень не змінюється при збільшенні кількості комплексів що розпізнаються.

Розглянута в даній роботі технологія ілюструється з використанням розроблених із зазначеними цілями алгоритмів. Наводиться тестовий приклад оброблення даних конкретного пацієнта з кардіологічними проблемами здоров'я. Здійснюються оцінки підвищення вірності розпізнавання образів за рахунок відбору ознак і урахування інформативності окремих відведень під час прийняття рішень за наведеним принципом.

Ця технологія роботи з бінарними ознаками з метою підвищення імовірності вірного розпізнавання образів в задачах діагностики пацієнтів може бути розповсюдженою на складні ознаки більшої розмірності.

Список літератури

1. Генкин А.А. Новая информационная технология анализа медицинских данных (программный комплекс ОМИС) [Текст] / Генкин А.А. – СПб: Политехника, 1999. – 191 с.

2. Шачиков А. Д. Отработка принципов анализа структуры циклических медико-биологических сигналов для их обнаружения, распознавания и классификации [Текст] / Шачиков А. Д., Шуляк А.П. // Вісник Національного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія приладобудування. – 2015. – № 49(1). – с. 169–179.

3. Дюк. В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях [Текст] / В. Дюк, В. Эмануэль – СПб. : Питер, 2003. – 528 с.

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ ВОДІЇВ

Сітенко О.М.¹⁾, Жорник Є.В.²⁾, Галиця В.І.³⁾

¹⁾ *Громадська організація «Товариство учасників руху»,
вул. Полтавський шлях, 3, офіс 13, м. Харків, Україна,
<http://www.tur.org.ua/>*

²⁾ *Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, пл.
Свободи, 4, м. Харків, Україна, 61002, e-mail: zhornik.ev@gmail.com*

³⁾ *Національний технічний університет «ХПІ», вул. Фрунзе, 21,
м. Харків, Україна, 61002, e-mail: vitaliy.galitsa@gmail.com*

Впровадження психофізіологічного обстеження водіїв спрямоване на підвищення безпеки дорожнього руху. Це запобіжний, упереджувальний та профілактичний захід. Згідно з Директивою 2006/126/ЄС «Про водійське посвідчення» та деяких інших директив, видача посвідчень (окремим категоріям) можлива лише за умови відсутності психофізіологічних протипоказань. Зазвичай досліджується сенсомоторна реакція множинного вибору, здатність оцінити просторово-часові відносини, зорово-моторна координація, просторовий інтелект.

Відносно задач психофізіологічного обстеження водіїв проявились два основні аспекти – це оцінка придатності до діяльності та оцінка актуального функціонального стану водія автотранспорту.

Перша, пов'язана з більш глибокими генетично зумовленими властивостями особистості. Друга стосується актуального стану тут і зараз з метою контролю відповідності психофізіологічних характеристик задачам діяльності. Щодо засобів: рекомендовано перелік психофізіологічних характеристик в керівних документах Міністерства охорони здоров'я України та Державного комітету України по нагляду за охороною праці № 263/121 від 23.09.94.

На порядку денному стоїть питання розробки науково обґрунтованого методичного забезпечення системи психофізіологічного контролю водіїв та створення засобів для тестування, на базі яких стає можливим розпочати масове впровадження оцінки та контролю психофізіологічного стану людей, причетних до управління транспортними засобами.

Для практичної реалізації оцінок придатності та функціонального стану водіїв створені діючі дослідні зразки засобів програмно-апаратного забезпечення та реалізовано проведення, обробку та протоколювання результатів тестування за такими методами: визначення латентного періоду простої та складної сенсомоторної реакції на світловий стимул (реакція вибору), метод пульсової діагностики, визначення реакції на рухомий об'єкт, визначення критичної частоти злиття світлових мерехтінь,

параметрів сенсомоторного безперервного компенсаторного слідування за рухомим об'єктом, визначення сенсомоторної координації, треморометрії, тест на розподіл уваги при дискретному слідуванні за двома об'єктами, що рухаються незалежно, теппінг-тест на швидкісні характеристики рухової активності, метод тестування на короточасну пам'ять і просторовий інтелект.

Також випробувано оцінювання рівня здатності розпізнавати образи. Вимірювалась реакція периферійної уваги на світлові сигнали, що розподілені у випадково вибраних точках зорового простору і послідовно з'являються після попереднього торкання рукою. Критерій - кількість торкань за 10 секунд. Вказує на здатність орієнтуватись в просторі. Також вимірювався поточний рівень здатності піддослідного швидко визначати образи, що з'являються у вигляді випадкової однієї з десяти цифр.

Для тестування водіїв може бути застосованим метод для діагностування як рівня тремору, так і для контролю виконання складних рухових образів з подальшим порівнянням з відповідними динамічними моделями. Вельми інформативний також метод аналізу динамічних образів утримання рівноваги, стоячи на п'єзо-платформі на одній нозі з закритими очима. Порівнюються показники тестування різних днів з поточним.

Кистьова динамометрія та інтенсивність видиху через спірометр покаже стан постпохмільного синдрому - знижений тонус і апатію.

Висновки.

Психофізіологічні обстеження повинні бути орієнтовані на оцінку придатності до діяльності та оцінку функціонального стану водія;

Необхідним є впровадження комплексної оцінки та контролю психофізіологічного стану громадян, причетних до управління транспортними засобами на державному рівні;

Недостатньо опрацьованими є питання методологічного та юридичного забезпечення впровадження методів психофізіологічного обстеження.

Список літератури

1. Жорник Є.В. Автоматизована система контролю працездатності оперативних працівників [Текст] / Жорник Є.В., Дудка В.В., Хардіков В.В. // Современные научные подходы к оценке психофизиологической надежности лиц при выполнении отдельных видов деятельности. Сборник научных работ / под общ. ред. проф. О.А.Панченко. – Киев: КВИЦ, 2013. – С. 88-91.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕДИЧНИХ ПОСЛУГ

Собова С.Ю.

*Національний авіаційний університет,
пр. Комарова, 1, м. Київ, Україна, e-mail: bikat_nau@mail.ru*

Під ефективністю медичної послуги розуміють забезпечення заданого рівня якості медичної допомоги з урахуванням сучасних можливостей медичної науки та практики за умови ефективного використання наявних ресурсів.

На теперішній час в Україні діє система оцінювання ефективності медичної допомоги, що базується на методах, які використовуються в роботі статистичних органів МОЗ: статистичний, експертних оцінок, порівняльного аналізу, клініко-економічного аналізу, соціологічний, спостереження, системного підходу і системного аналізу, процесного підходу [1].

Загальними вимогами до методів такого роду є: придатність для оцінки якості щодо будь-якого етапу надання медичної допомоги; мінімізація суб'єктивізму при оцінюванні; можливість застосування кількісних оцінок; забезпечення можливості збору та аналізу даних про типові помилки лікарів або недоліки в роботі лікувально-профілактичного закладу.

Використання зазначених методів має забезпечувати регулярний збір, вимірювання і аналіз даних щодо результативності та ефективності діяльності як окремих елементів так і усієї системи надання медичних послуг. Збір інформації здійснюється за допомогою таких «інструментів» як контрольний листок, контрольна карта, гістограма, діаграма Парето, діаграма Ісікави, діаграма розсіювання, стратифікація даних, що дозволяє реєструвати дані, здійснювати їх оцінку відносно прийнятих стандартів/нормативів та аналіз відхилень з метою поліпшення якості.

Експертний метод в системі охорони здоров'я дозволяє отримати експертні оцінки та експертні висновки шляхом ретроспективного дослідження процесів, предметів, явищ професійно компетентними спеціалістами за даними первинних медичних документів. Завданнями експертизи в сфері якості передбачається встановлення ступеню відповідності проміжних та остаточних результатів медичної допомоги, організації лікувально-діагностичного процесу встановленим стандартам, нормативам, інструкціям. Результати аналізу отриманих даних в подальшому використовують як вхідну інформацію для прийняття управлінських рішень з поліпшення якості медичної допомоги.

До сучасних методів клініко-економічного аналізу відносять основні, за допомогою яких можливо розрахувати співвідношення між затратами і отриманими результатами (аналіз «затрати-ефективність», «мінімізація затрат», «затрати-корисність (утилітарність)», «затрати-вигода»), і

допоміжні, зокрема, метод оцінки вартості «типової практики», методи оцінки структури затрат (частотний аналіз, ABC-аналіз, VEN-аналіз).

Соціологічні методи контролю передбачають вивчення думки пацієнтів стосовно якості отриманої ними медичної допомоги, а також виявлення очікувань, які є стійкими побажаннями або запитамі пацієнтів. Об'єктами соціологічних опитувань в системі контролю якості медичної допомоги виступають і медичні працівники як учасники лікувально-діагностичного процесу та надавачі медичної допомоги.

Метод спостереження використовується для безпосереднього контролю вповноваженим суб'єктом за дотриманням нормативів, інструкцій, правил, протоколів, стандартів в системі управління якістю медичної допомоги. Сучасною формою спостереження є запровадження системи передачі інформації з відео-телекамер.

В згаданій системі оцінювання ефективності медичних послуг не врахована складність об'єкту контролю, сполучення формалізованої і неформалізованої інформації, що обумовлює необхідність застосування методів системного підходу та аналізу. Зазначені методи дозволяють структурувати отриману інформацію, встановлювати на її основі зовнішні та внутрішні взаємозв'язки об'єкту контролю, прогнозувати його поведінку в умовах невизначеності та безперервних змін і формувати моделі вдосконалення та розвитку з наступним прийняттям адекватних управлінських рішень. Процесний підхід дозволяє здійснювати контроль за розробкою структури усіх процесів в закладі охорони здоров'я (протоколів, формулярів, інструкцій, алгоритмів дій), а також за наданням медичної допомоги конкретному хворому на основі визначених критеріїв в «ключових точках» процесу. «Ключові точки» доцільно пов'язувати з такими етапами робіт, які з високою вірогідністю можуть вплинути на очікуваний результат і в яких є найвища вірогідність відхилень, дефектів, невідповідностей.

На теперішній час реалізація зазначених методів в основному дозволяє здійснювати ретроспективну оцінку якості медичної допомоги та не охоплює процес оперативного управління якістю лікувально-діагностичного процесу, а саме, не існує жодних методів моніторингу, оцінки та управління якістю процесу лікування при наданні амбулаторної допомоги пацієнту під час виконання ним лікарських призначень «на дому». Застосування системного та процесного підходів теоретично дозволило б вирішити зазначену проблему, але їх можливості не використовуються, зокрема необхідно здійснити оптимізацію «ключових точок» з урахуванням властивостей біологічного об'єкту.

Список літератури

1. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2008, IDT): ДСТУ ISO 9001:2009. – [Чинний від 01.09.2009]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 68 с. – (Національний стандарт України).

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС УСКОРЕННОГО ПОДБОРА РЕЖИМА ПЕРОРАЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИИ СД2

Сокол Е.И., Лапта С.С., Чмыхова О.В.
*Национальный технический университет «ХПИ»,
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

Известно, что широко распространенное эндокринное заболевание – СД2 (сахарный диабет 2-го типа) на современном уровне развития медицины не поддается излечению в полном смысле слова, а допускает лишь его заместительную терапию сахаропонижающими препаратами, а в некоторых случаях и инсулином [1]. Это заболевание, характерное длительным латентным периодом, сопровождается хронической гипергликемией, которая приводит к поздним смертельно опасным сосудистым осложнениям. Поэтому его ранняя диагностика и компенсация (достижение нормогликемии) относятся к неотложным медико-социальным проблемам.

Хотя, как установлено, истинная распространенность СД2 превышает его диагностируемую заболеваемость в 2-3 раза [1], эта проблема при массовом наличии глюкометров может быть решена медико-организационными мерами. Что касается проблемы компенсации СД2 для предотвращения его поздних осложнений, в настоящее время эндокринологи как-то пытаются решать ее чисто эмпирически, подбирая режим заместительной терапии больного на нем самом методом проб и ошибок. В дальнейшем пациент, следуя их рекомендациям, сам достаточно часто измеряет уровень гликемии бытовым глюкометром и корректирует режим терапии. В связи с ответственностью за результаты своих рекомендаций и учитывая возможность немедленной смертельно опасной гипогликемии при передозировке препаратов, врачи предпочитают оставлять пациента в какой-то мере недокомпенсированным, обрекая его на те же поздние осложнения.

Для решения проблемы эффективной компенсации СД2 в помощь врачу-эндокринологу предлагается автоматизированный программно-аппаратный комплекс ускоренного подбора режима пероральной компенсации СД2. Он состоит из пациента, у которого измеряется уровень гликемии в капиллярной крови в процессе проведения стандартного перорального теста толерантности к глюкозе (ПТТГ), из глюкометра – периферийного компьютерного устройства, компьютерной программы индивидуализации математической модели регуляции углеводного обмена к обследуемому пациенту, компьютерной программы ускоренного подбора пероральной терапии СД2 на математической модели регуляции углеводного обмена, настроенной по данным ПТТГ пациента.

Последние два оригинальных блока этого комплекса основаны на модификации известной математической модели регуляции углеводного обмена, в которой учтена возможность инсулинорезистентности тканей и

ее коррекции пероральным введением сахароснижающих препаратов [2].

Быстрая циркуляция крови по замкнутому кровеносному руслу и ее перемешивание в течении одной минуты позволили ограничиться в этой модели однокомпарментным подходом, согласно которому это русло представляется однородной областью с концентрацией глюкозы в нем такой, какой она в действительности является лишь на периферии. Для упрощения был применен функционально-феноменологический подход, который состоит в выделении из множества органов организма, принимающих участие в регуляции углеводного обмена, и еще более многочисленных их взаимосвязей, главных процессов, определяющих динамику гликемии. Действие всех остальных основных факторов, регулирующих уровень гликемии, учитывается опосредовано, в конечном итоге, через его же значения. При этом модель сводится к достаточно простому дифференциально-разностному уравнению 1-го порядка с запаздывающим аргументом. Оно удобно для проведения его численного анализа методом пошагового интегрирования и позволяет настроить модель по гликемическим данным ПТТГ пациента, индивидуализировать ее для него.

Для предотвращения поздних осложнений диабета и достижения полной компенсации СД2 у пациента путем точных предварительных компьютерных расчетов режима пероральной терапии у него на индивидуализированной к нему модели регуляции углеводного обмена необходимо предварительно настроить эту модель (определить численные значения основных ее параметров по данным проведенного у него ПТТГ).

Далее снимается достаточно подробный суточный гипергликемический профиль пациента при его обычном режиме питания до начала коррекции. По этому суточному гликемическому профилю подбираются значения параметров функции всасывания глюкозы в кишечнике уже индивидуализированной для пациента модели со значениями основных параметров модели так, чтобы она воспроизводила его. Кроме того, проводится клиническая проба на восприимчивость пациента к тому виду препарата, который предполагается использовать, и определить для него значение параметра чувствительности. После чего определяется соответствующая нормальная гликемическая кривая, к которой желательно приблизиться при пероральной терапии, и в процессе ускоренных компьютерных экспериментов подобрать режим терапии.

Список литературы

1. Балаболкин М.И. Диабетология [Текст] / Балаболкин М.И. М. : Медицина, 2000. – 672 с.
2. Лапта С.С. Функціональний підхід до моделювання складних гомеостатичних систем з локальною інерційністю [Текст] / Лапта С.С., Поспелов Л.А. // Системи обробки інформації. Збірник наукових праць, 2014. – № 5(121). – С. 146-149.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИНСУЛИНОТЕРАПИИ САХАРНОГО ДИАБЕТА

Сокол Е.И., Лапта С.С.

*Национальный технический университет «ХПИ»,
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

Известно, что широко распространенное тяжелое эндокринное заболевание – сахарный диабет (СД) в настоящее время является практически неизлечимой болезнью ни медикаментозно, ни хирургически. Его нельзя вылечить в полном смысле слова, а можно лишь компенсировать, нормализуя уровень гликемии, например, введением экзогенного инсулина. В инсулинотерапии нуждаются все больные СД1 и 25 % больных СД2 [1].

Большая ответственность за жизнь и здоровье больного требует индивидуальной разработки режима инъекций инсулина. Она проводится в стационаре методом проб и ошибок на самом больном в течение трех недель под врачебным контролем и повторяется ежегодно.

При таком эмпирическом подходе практически невозможно добиться нормализации динамики гликемии у пациента так, чтобы ее уровень в основном находился в полосе 60-100 мг% (мг глюкозы на 100 мл крови) и обязательными непродолжительными постпрандиальными подъемами до 135мг% [1]. Опасаясь возможной передозировки инсулина с последующей гипогликемической комой, врач предпочитает лишь ослабить гипергликемию, оставляя СД недокомпенсированным, обрекая пациента на поздние осложнения диабета.

Идея решения этой медицинской проблемы техническими средствами возникла давно. Было предложено оснастить больного СД альтернативным искусственным автоматическим регулятором процессов углеводного обмена, состоящим из модуля мониторинга гликемии, модуля управления гликемией и модуля инфузии инсулина [2]. Он должен быть компактным и автономным для возможности его имплантации в организм пациента на длительный срок подобно современным кардиостимуляторам.

Долгое время главной проблемой создания такого прибора считалась отсутствие миниатюрного глюкозного сенсора длительного использования. Лишь недавно в США его удалось разработать и создать миниатюрный имплантируемый автомат “Искусственная бета-клетка” с размерами карманных часов. Длительность его непрерывной работы в полгода ограничена, прежде всего, необходимостью пополнения запасов инсулина. Он включается в воротную вену кровотока пациента и обеспечивает лишь нефизиологичное поддержание гликемии на заданном уровне по принципу отрицательной обратной связи.

Поэтому теперь на первый план в создании эффективного автоматического имплантируемого регулятора процессов углеводного обмена

вышла проблема разработки модуля физиологического управления гликемией.

В существующих носимых аналогах имплантируемого автомата «Искусственная бета-клетка» к этой же проблеме добавились дополнительные. В этих устройствах глюкозный сенсор в виде иглы, вводимой под кожу пациента, и инфузионную систему подкожного введения инсулина вместе с местами их установки надо заменять очень часто: сенсор глюкозы через 7 суток, инфузионную систему – через 3 суток. Кроме того, появились технические проблемы существенного запаздывания в измерении уровня гликемии и воздействия инфузии инсулина, а также необходимость частой калибровки показаний сенсора глюкозы по традиционным измерениям гликемии. Поэтому эти автоматы пока не нашли широкого спроса у больных СД, что обусловлено также их большой первичной стоимостью и большими затратами на сменное оборудование.

Пациенты предпочитают автономно использовать лишь комплекс двух модулей этого автомата: модуль инфузии инсулина и модуль управления. Вместе они образуют автоматизированный дозатор инсулина – инсулиновую помпу. Помпа автоматически непрерывно вводит инсулин в базальном режиме, отключаясь на ночь для предотвращения возможной гипогликемии. Во время еды, точнее незадолго до нее, пациент сам в ручном режиме усиливает инфузию инсулина. Контроль текущего уровня гликемии (компенсации СД) обычно проводится несколько раз в сутки глюкометром по инвазивно полученной капле крови.

Подбор режима работы инсулиновой помпы у пациента выполняется эндокринологом так же, как и при интенсивной инсулинотерапии, с теми же предосторожностями по гипогликемии и с той же недокомпенсацией СД. Это сводит на нет номинальное преимущество дозатора инсулина перед традиционной инсулинотерапией в достижении компенсации СД у пациента.

Таким образом, центральной задачей совершенствования технических средств инсулинотерапии как имплантируемого автомата «Искусственная бета-клетка», так и носимого его аналога, так и автоматизированной инсулиновой помпы сейчас является разработка модуля физиологического управления гликемией на основе соответствующего математического имитатора. В его качестве может быть использована разработанная нами модель регуляции углеводного обмена, эффективность которой уже была продемонстрирована в совместной работе с эндокринологами по ранней диагностике СД2.

Список литературы

1. Балаболкин М.И. Диабетология [Текст] / Балаболкин М.И. М. : Медицина, 2000. – 672 с.
2. Толокнов В.И. Итоги науки и техники ВИНТИ: сер. Бионика. Биокibernетика. Биоинженерия. / Толокнов В.И. т. 5: Биокibernетические аспекты «Искусственной бета-клетки». – М.: Изд-во ВИНТИ, 1987. – 65 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДА БИОИМПЕДАНСОМЕРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ ЖИДКИХ СРЕД ОРГАНИЗМА

Ткачук Б.В. ¹⁾, Томашевский Р.С. ²⁾

¹⁾ Харьковской областной клинической центр урологии и нефрологии
им. В.И. Шаповала, пр. Московский 195, г. Харьков, Украина, 61037,
e-mail: bog.tkachuk@gmail.com

²⁾ Национальный технический университет «ХПИ»,
ул. Пушкинская 79/1, г. Харьков, Украина, 61023
e-mail: romiocat.khpi@gmail.com

Метод биоимпедансометрии (БИМ) заключается в зондировании организма токами различной частоты и позволяет определять объемы его внеклеточной жидкости (ВКЖ), общей воды организма (ОВО) и рассчитать объем клеточной жидкости (КЖ).

Цель работы: определить пути развития метода БИМ для оценки объемов жидкостных секторов тела пациента.

Начало практического применения данного метода принято связывать с работами французского анестезиолога А. Томассета в начале 1960-х гг. E. Noffer с соавторами показали наличие высокой корреляции между индексом импеданса и величиной ОВО, что открыло возможности для применения метода в исследованиях состава тела. Далее развитие метода связано с трудами Schwan H.P., Cole K.S., Stroud D.B., Lukaski H.C., De Lorenzo A., Ward L.C. и др. Их деятельность была сосредоточена в направлении определения уровня гидратации тканей всего организма и отдельных частей тела, оценки приживаемости трансплантатов, диагностики опухолей, а также решения других прикладных медицинских задач.

В конце 90-х гг. используя предложенные De Lorenzo и Hanai выражения, появилась возможность определить объемы ВКЖ, ОВО и КЖ [1]. Корреляция данных полученных методом биоимпедансометрии с методом разведения, составила 0,95 [2]. При этом для описания электрических процессов в тканях использовалась эквивалентная электрическая схема (ЭЭС) (рис. 1).

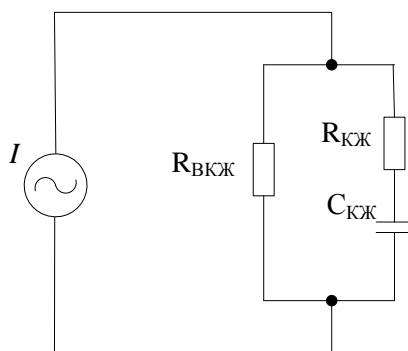


Рисунок 1 – Эквивалентная электрическая схема организма для метода БИМ

Учитывая физиологические и антропометрические закономерности строения тела человека и их взаимозависимость, были получены выражения для определения тощей, жировой и мышечной массы тела, а также объема сосудистой жидкости.

На данный момент, перспективными направлениями для развития метода БИМ являются: определение уровня глюкозы в крови, мониторинг уровня анестезии, контроль процесса остеорепарации и др.

Так, при использовании ЭЭС организма пациента при процедуре гемодиализа (ГД) (рис. 2) возможно определять электрические сопротивления, эквивалентные объемам сосудистой ($R_{пл}$) и интерстициальной ($R_{иж}$) жидкостей, а также производить мониторинг изменения этих параметров в процессе ультрафильтрации. Это позволит разработать алгоритм автоматизированного удаления жидкости для процедуры ГД.

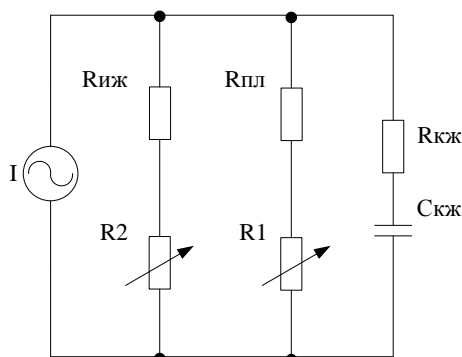


Рисунок 2 – Эквивалентная электрическая схема организма для БИМ при процедуре ультрафильтрации

Модернизировав схему (рис. 2) путем разделения эквивалента объема КЖ и введения эквивалента соответствующего объему форменных элементов крови, появляется возможность определять значение гематокрита, а также производить мониторинг его уровня.

При введении в схему эквивалентных элементов, соответствующих пульсации крови, которые характеризуют работу сердца и сердечно-сосудистой системы, становится возможным производить диагностику гемодинамики организма.

Метод биоимпедансометрии является неинвазивным, сравнительно недорогим, точным и высокоинформативным, что позволяет его широко использовать в диагностической практике.

Список литературы

1. De Lorenzo A. Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a technological review / A. De Lorenzo, J. Andreoli, P. Matthie, Withers // J. Appl. Physiol. – 1997. – № 82. – P. 1542-1558.
2. Albert S.N. Blood volume and extracellular fluid volume / S.N. Albert // Springfield, Illinois: Charles and Thomas Publisher, 1971 – P. 290.

УСТАНОВКА ДЛЯ АНТИОКСИДАНТНОЙ ОЦЕНКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Томашевский Р.С., Домарев А.П., Батаченко С.Н.
*Национальный технический университет «ХПИ»,
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, 61002, e-mail: batachenko9443@gmail.com*

Применение химической и лучевой терапии в процессе лечения онкологических больных нарушает усвоение питательных веществ, приводит к длительной интенсификации процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) и высокой генерации активированных кислородных метаболитов (АКМ), что сопровождается снижением надежности антиоксидантной защиты организма. На ряду с этим потребление некачественной пищи и воды приводит к тяжелому окислительному стрессу, в результате чего АКМ – $O_2^{\cdot-}$, HO_2^{\cdot} , HO^{\cdot} , NO^{\cdot} , RO^{\cdot} , RO_2^{\cdot} , H_2O_2 , 1O_2 , $HOCl$, $HOBr$, HOI [1] – и различные ксенобиотики нарушают функции систем антиоксидантной защиты организма человека. Высокая активация ПОЛ приводит к окислительной деградации мембранных фосфолипидов, что ограничивает конформационную подвижность полипептидной цепи и оказывается причиной снижения функциональной активности встроенных в мембраны ферментов, рецепторов и каналобразующих белков. Поэтому важной научно-практической задачей является создание аппаратных методов оценки качества пищи, употребляемой онкологическими больными.

Целью работы является аппаратная реализация метода антиоксидантной оценки пищевых продуктов для онкологических больных.

В настоящее время, контроль биологических образцов антиоксидантов выполняют рядом методов, например, методом фотолюминесценции на анализаторе РНОТОСНЕМ (Германия, AnalytikJena) или методами, основанными на торможении окисления ряда жирных кислот (линолевая, линоленовая, арахидоновая и жирных кислот желточных липопротеидов; время анализа 120 – 240 мин.) [2]. Однако эти методы определения антиоксидантов не являются универсальными и удобными, так как не дают возможности оценить интегральную характеристику анализируемого объекта в целом.

Анализ литературных источников показал, что для подобных задач может быть использован метод кулонометрического титрования электрогенерированным бромом, который в теории лишен вышеуказанных недостатков.

Данный метод основан на взаимодействии пищевого продукта с электрогенерированным бромом, а также является удобным для получения реагента, пригодного не только для окисления тех или иных восстановителей, но и для бромирования органических соединений. Такой способ использования брома в качестве титранта обусловлен его способностью

вступать в радикальные и окислительно-восстановительные реакции, а также в реакции электрофильного замещения и присоединения по кратным связям, что позволяет охватить практически все группы биоантиоксидантов [2].

Установка, реализующая данный метод состоит из двух цепей – индикаторной и генераторной. Измерительная ячейка заполняется буферным раствором, исследуемым пищевым продуктом и бромом (Br). В неё погружаются индикаторные (1,2) и генераторный (3) электроды. На индикаторные электроды подают напряжение для равномерного распределения свободных ионов брома. Щелочной раствор, в который помещают опорный электрод (4), соединяют с буферным раствором КСl-мостом для равномерной генерации брома. При подаче напряжения на генераторный электрод (3), запускается таймер, а величину тока, в индикаторной цепи, снимают на микроамперметре (mkA1). При резком скачке тока, порядка 2-3 мА, фиксируется время, за которое прошла реакция и строится кулонометрическая характеристика, показывающая уровень антиоксидантной защиты пищевого продукта.

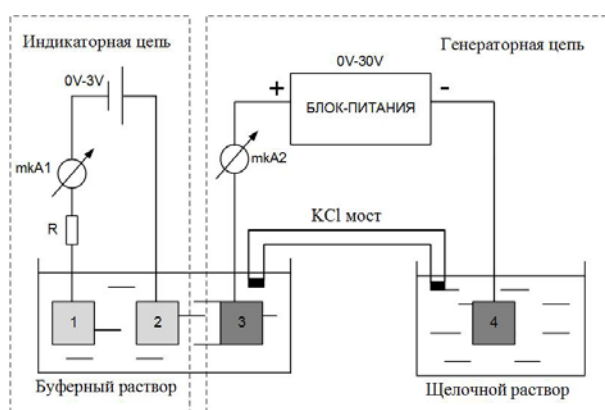


Рисунок 1 – Структурная схема установки

В работе планируется автоматизация процесса за счет использования микроконтроллерных средств систем. Это позволит усовершенствовать процессы получения исследуемых данных и обработки результатов, а именно: повысить точность определения времени окончания реакции, за счет синхронизации момента запуска таймера и подачи напряжения на генераторный электрод; получение кулонометрической характеристики в реальном времени; сокращение времени на подготовительные операции перед измерением.

Список литературы

1. Меньщикова Е.Б. Окислительный стресс. Прооксиданты и антиоксиданты [Текст] / Меньщикова Е.Б. – М. : Слово, 2006. – 556с.
2. Ziyatdinova G. K. The application of coulometry for total antioxidant capacity determination of human blood / G. K. Ziyatdinova et al. – Talanta, 2006. – vol. 68. – p. 800-805

МЕТОД ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ТУРБИННЫХ СПИРОМЕТРОВ

Томашевский Р.С., Колесник К.В., Савченко К.А.
Национальный технический университет «ХПИ»,
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002, romiocat.khpi@gmail.com

Наиболее простым и информативным методом оценки функции дыхания является спирометрия. Для скрининговых исследований в мировой практике чаще всего используются портативные приборы, позволяющие проводить спирометрические обследования на предприятиях, в больничных палатах, а также на дому у пациента.

В современных спирометрах в качестве первичного измерителя зачастую используется турбинный преобразователь потока (ТПП) [1, 2]. Это объясняется хорошими массогабаритными показателями преобразователя, достаточно высокой чувствительностью и помехоустойчивостью, низким пневматическим сопротивлением измерительных турбин (ИТ) (порядка 25-50 Па·с/л при расходе 10 л/с), а их постоянная времени не превышает 1 мс.

Как показали исследования, на сегодняшний день отсутствуют эффективные средства метрологической поддержки турбинных спирометров, учитывающие реальные характеристики используемых турбин. Это связано с тем, что согласно технических требований стандарта [1], определение параметров спирометров необходимо проводить для заранее определенных кривых расхода – принятых за среднестатистическую норму, что технологически при испытаниях реализовать достаточно сложно.

Целью данных исследований является разработка метода оценки параметров турбинных спирометров, учитывающего их реальные характеристики, при условии использования общедоступного метрологического оборудования.

В основу предлагаемого метода был положен тот факт, что функция преобразования турбинного преобразователя имеет статическую и динамическую составляющие:

$$Q = f\left(\varphi\omega; \tau_p \frac{d\omega}{dt}\right), \quad (1)$$

где: Q – расход воздуха, φ – коэффициент статической составляющей функции преобразования; ω – угловая скорость ротора; τ_p – постоянная времени ротора.

Коэффициент статической составляющей функции преобразования φ может быть экспериментально определен с помощью регулируемого источника постоянной объемной скорости воздуха на различных

значениях расхода Q в его рабочем диапазоне значений. Для измерений расхода воздуха в этом случае используется ротаметр.

Динамическая составляющая передаточной функции ТПП обычно условно рассматривается в виде суммы реакции ротора и реакции присоединенного потока воздуха. В первом приближении такой объект может быть представлен как апериодическое звено 1-го порядка.

В этом случае функция преобразования будет иметь вид:

$$Q = \varphi\omega \left(\tau_p \frac{d\omega}{dt} + 1 \right), \quad (2)$$

Экспериментальное измерение функции преобразования турбинного спирометра с учетом статической и динамической составляющей может быть осуществлено путем имитации единичного скачка расхода воздуха с помощью пневматического клапана стенда.

Проверка правильности расчета коэффициентов при этом определяется с помощью эталонного объема воздуха, получаемого с помощью калибровочного шприца [3, 4].

Для проверки предложенного метода в лаборатории биомедицинской электроники (ЛБМЭ) НТУ «ХПИ» была проведена серия экспериментальных исследований измерительных турбин фирмы Medical International Research (Рим, Италия), в результате которых была получена их функция преобразования.

Данный метод оценки параметров турбинных спирометров был положен в основу метрологического обеспечения создания цифрового портативного спирометра ЦПС-14/1, разработанного в ЛБМЭ НТУ «ХПИ».

Список литературы

1. Standartisation of spirometry / [M. R. Miller; R. Crapo; J. Hatkinson et al.]; edited by V. Brusasco // Eur. Respiratory Journal. – 26'2005. – 319-338 pp.
2. Аврунин О.Г. Методы и средства функциональной диагностики внешнего дыхания [Текст] / Аврунин О.Г., Томашевский Р.С., Фарук Х.И. // Харьков: изд. ХНАДУ. – 2015. – 208 с.
3. Томашевский Р.С. Улучшение технических показателей портативного спирометра с турбинным преобразователем потока [Текст] / Томашевский Р.С. // Прикладная радиоэлектроника. Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ. 2010. – Т.9.– С. 569-573.
4. Сокол Е. И. Цифровой портативный спирометр с турбинным преобразователем воздушного потока [Текст] / Сокол Е. И., Кипенский А. В., Томашевский Р. С., Король Е. И. // Технічна електродинаміка. – Київ: Інститут електродинаміки НАНУ. Тем. вип. Силова електроніка та енергоефективність, 2011– Ч.2. – С. 265-268.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В ЧАСТОТІ СЕРЦЕВИХ СКОРОЧЕНЬ ПІД ЧАС МОНІТОРИНГУ ПАЦІЄНТА В УМОВАХ ПОВСЯКДЕННОГО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Тур А.В.¹⁾, Шуляк О. П.²⁾

¹⁾ Національний технічний університет України «КПІ»,
вул. Металістів, 8, м. Київ, Україна, 02183, e-mail: tolyanua@gmail.com

²⁾ Національний технічний університет України «КПІ»,
вул. Леонтовича 6А, м. Київ, Україна, 01030, e-mail: shulyak.alex@mail.ru

Тестування пацієнта фізичним навантаженням дозволяє оцінити його витривалість до нього і є одним із розповсюджених способів оцінки станів і функціональних можливостей серцево-судинної системи (ССС) пацієнта [1]. Використання моделі, яка розглядається [2], призводить до одного із простих підходів до реалізації моніторингу пацієнтів у повсякденних умовах з їхнім тестуванням фізичним навантаженням [3] під час ходьби, бігу, підйому сходами та інших однотипних фізичних діяч.

Модель, що розглядається на рис. 1, виражає співвідношення між значенням навантаження та частотою серцевих скорочень (ЧСС) в статичі та динаміці та дозволяє зафіксувати в налаштуванні своїх параметрів стан системи, що розглядається, в розрізі вказаних співвідношень, що дає змогу провести калібрування траси тестування пацієнта за значенням фізичного навантаження та використовувати це значення в подальшому під час повсякденного оцінювання стану ССС [3].

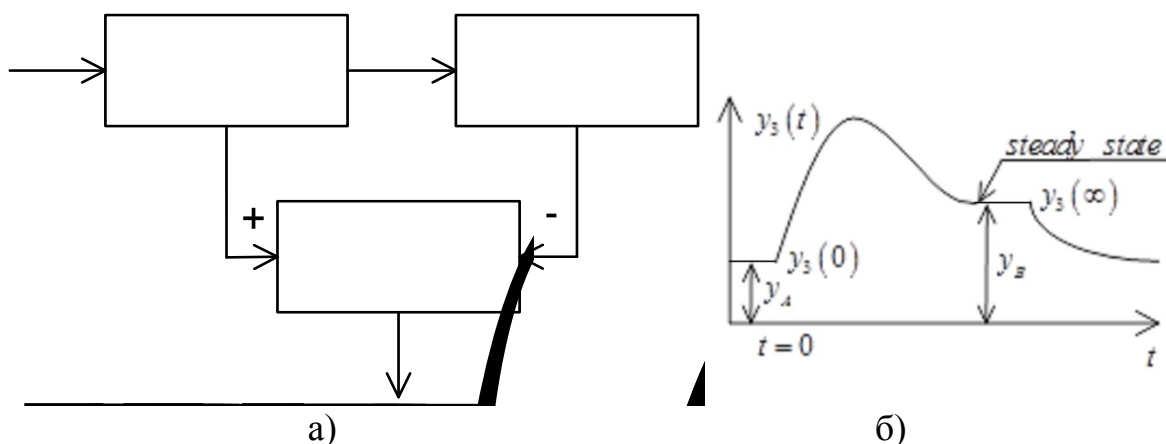


Рисунок 1 – Схема моделі та перехідні процеси в ЧСС

Зниження можливостей, що відмічається під час регулярного моніторингу ССС, наприклад, за рівнем завантаження аеробної спроможності організму при незмінному навантаженню на трасі тестування, може бути сигналом для пацієнта про необхідність обмеження

навантажень та звернення до кардіолога для проведення детального функціонального обстеження в цілях діагностики виявлених станів.

Представлена модель має низку особливостей, які створюють додаткові можливості в отриманні оцінок стану ССС пацієнта та в значному визначають загальну схему його тестування в повсякденних умовах. Такими особливостями є наступне.

1. В діапазоні навантажень, який викликає практичний інтерес (від стану спокою до субмаксимального рівня), має місце лінійний зв'язок між рівнем навантаження в установленому режимі та значенням ЧСС [1].

2. Модель може зафіксувати в значеннях власних параметрів співвідношення вхідних та вихідних процесів, як в установленому, так і в перехідному режимах. Це дозволяє під час обробки результатів тестів з фізичним навантаженням використовувати відпрацьовані методики оцінки можливостей ССС пацієнта для тестів на навантаження та на відновлення та розглядати питання про консиліум цих тестів.

3. Під час налаштування на дані спостережень модель фіксує лише «гладку» складову зміни ЧСС і це дає змогу відокремити в спостережуваних даних прояв варіабельності серцевого ритму та використовувати ці дані для додаткової оцінки стану ССС за Баєвським, враховуючи отриманий результат в консиліумі з попередніми тестами.

4. Тестування пацієнта з використанням моделі, що розглядається, потребує для її налаштування забезпечення спеціального режиму вимірювання ЧСС, при якому фіксується миттєві значення вказаної частоти та здійснюється передискретизація отриманих результатів на рівномірну сітку часу (операція попереднього оброблення даних вимірювань).

В запропонованій роботі розглядаються також інші особливості моделі та приклади реальних даних вимірювань ЧСС для налаштування моделі, отриманих під час тестування пацієнта на велоергометрі та повсякденним навантаженням за допомогою пульсометра NB8M00 на необхідному режимі вимірювання. Розглядаються варіанти інтерпретації отриманих даних.

Список літератури

1. Амосов Н. М. Физическая активность и сердце [Текст] / Н. М. Амосов, Я. Н. Бендет. – К. : Здоровье. – 1989. – 215 с.

2. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных [Текст] / М. Ю. Антамонов – М. : Наука, 2005. – 558 с.

3. Шуляк А.П. Комплекс кардиомониторинга пациентов в повседневных условиях [Текст] / Шуляк А.П., Шачиков А.Д. // «Вісник НТУУ «КПІ».Серія приладобудування». – К., 2014. – С. 163-169.

ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЛІНІЙНОГО ТА ЦИРКУЛЯРНОГО ДВОПРОМЕНЕЗАЛОМЛЕННЯ ДОБРОЯКІСНИХ І ЗЛОЯКІСНИХ ПУХЛИН

Ушенко В.О.¹⁾, Дуболазов О.В.¹⁾, Ушенко Ю.О.¹⁾, Олар О.І.²⁾,
Новаковська О.Ю.²⁾

¹⁾ *Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича,
Кафедра оптики і видавничо-поліграфічної справи,
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, Україна, 58012*

²⁾ *Буковинський державний медичний університет
Театральна пл., 2, м. Чернівці, Україна, 58002*

Традиційно процеси перетворення оптичного випромінювання фазово-неоднорідними об'єктами і середовищами розглядаються у статистичному наближенні. Серед найбільш розповсюджених методів дослідження таких об'єктів можна виділити – «скалярний» (фотометрія та спектрофотометрія) та «векторний» (Мюллер-матрична оптика) [1, 2].

Актуальність даного дослідження зумовлена необхідністю розробки нових підходів до аналізу мюллер-матричних зображень біологічних шарів та, сформованих ними поляризаційно-неоднорідних лазерних полів, пошуку нових методів комплексної поляризаційної, кореляційної та сингулярної діагностики оптико-анізотропних полікристалітних мереж [1].

На рис. 1 наведено двомірні $m \times n$ (фрагменти (1), (2)), статистичні $N(M_{44}, \Delta M)$ (фрагменти (3), (4)) і $\lg J(M_{44}, \Delta M)$ (фрагменти (5), (6)) розподіли значень мюллер-матричних інваріантів M_{44} фазової анізотропії гістологічних зрізів біопсії поліпу (фрагменти (1), (3), (5)) і карциноми (фрагменти (2), (4), (6)).

Порівняльний аналіз даних, наведених на рис. 1, виявив.

Лінійне двоприменезаломлення. Для гістологічного зрізу пухлини карциноми значення мюллер-матричного елемента M_{44} та діапазон їх зміни менші у порівнянні зі зразком доброякісного поліпу (Рис. 1, фрагменти (1), (2)). Тому, для розподілу значень ММІ, що характеризує лінійне двоприменезаломлення зразку карциноми, виявляється зменшення середнього ($Z_1 \downarrow$) і дисперсії ($Z_2 \downarrow$), які характеризують гістограми $N(M_{44})$. При цьому величина статистичних моментів вищих порядків (асиметрія ($Z_3 \uparrow$) та ексцес ($Z_4 \uparrow$)) збільшуються.

Одержані результати з фізичної точки зору можна пов'язати із зростанням фазової модуляції лазерного випромінювання ($M_{44} \rightarrow \min$), що проходить крізь оптично анізотропну фібрилярну мережу гістологічного зрізу карциноми. Відомо, що для онкологічного стану притаманне формування більш структурованих та більших за геометричними розмірами новоутворених паростків пухлини [2]. За рахунок цього зростає

лінійне двопронезаломлення таких біологічних кристалітів і, навпаки, зменшується рівень значень відповідного мюллер-матричного зображення $M_{44}(m \times n)$ [1].

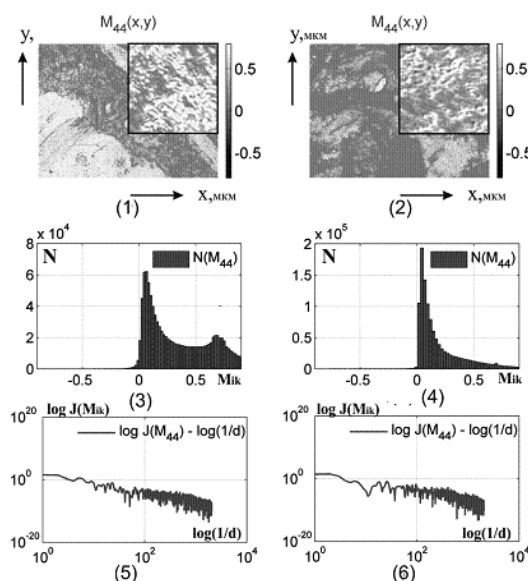


Рисунок 1 – Двомірні $m \times n$ (фрагменти (1), (2)), статистичні $N(M_{44})$ (фрагменти (3), (4)) і $\lg J(M_{44}) - \lg \nu$ (фрагменти (5), (6)) розподіли значень ММІ M_{44} гістологічних зрізів біопсії поліпу (фрагменти (1), (3), (5)) і карциноми (фрагменти (2), (4), (6))

У рамках фрактального підходу виявлено мультифрактальність розподілів значень $M_{44}(m \times n)$ зразків обох груп. Як видно, апроксимуючі криві $V(\eta)$ логарифмічних залежностей спектрів потужності $\lg J(M_{44}) - \lg \nu$ розподілів значень фазового матричного елементу M_{44} гістологічного зрізу поліпу (рис. 1, фрагмент (3)) – ламані лінії. Окрім цього, за рахунок зростання геометричних розмірів новоутвореної фібрилярної сітки збільшується величина дисперсії D , яка характеризує розподіли значень $\lg J(M_{44}) - \lg \nu$, визначені для гістологічних зрізів карциноми стінки прямої кишки.

Список літератури

1. Dubolazov A.V. Characteristic values of Mueller-matrixes images of biological liquid crystals net for diagnostics of human tissues anisotropy / A.V. Dubolazov; O. Y. Telenha; V. A. Ushenko; M. Sydor // Proc. SPIE. – 2011. – Vol. 8338. – P. 83380Z.
2. Ushenko Yu. A Diagnostics of optical anisotropy changes in biological tissues using Müller matrix / Yu.A. Ushenko, Yu.Ya. Tomka, A.V. Dubolazov, O.Yu. Telenga // Quantum Electron. – 2011. – Vol. 41, № 3. – P. 273–277.

ІНФОРМАЦІЙНИЙ АЛГОРИТМ МЮЛЛЕР-МАТРИЧНОГО ОПИСАННЯ ОПТИЧНОЇ АНІЗОТРОПІЇ БІОЛОГІЧНИХ ШАРІВ

Ушенко В.О., Ушенко О.Г., Мінцер О.П., Олар О.В., Бурковець Д.М.,
Бесага Р.М.

*Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича,
Кафедра оптики і видавничо-поліграфічної справи,
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, Україна, 58012,
e-mail: o.ushenko@chnu.edu.ua*

Більшість біологічних тканин характеризується оптичною анізотропією як на мікроскопічному, так і на макроскопічному рівнях. Відомо, що оптична анізотропія на макроскопічному рівні, викликана просторово впорядкованою фібрилярною структурою протеїнових молекул, яка обумовлює лінійне двоприменезаломлення. Разом з тим, на даний час недостатньо вивченими є інші механізми анізотропії (оптична активність, циркулярний дихроїзм) мікроскопічного (молекулярного) рівня структури біологічних об'єктів. Тому, для опису взаємодії поляризованого світла з такими складними системами необхідні багатопараметричні аналітичні підходи [1].

Для мюллер-матричного описання оптичних властивостей біологічних об'єктів скористаємось методологічним підходом, структурно – логічна схема якого приведена на рис. 1 [1-2].

Оптично анізотропний біологічний шар			
Фазова анізотропія		Амплітудна анізотропія	
Оптична активність	Лінійне двозаломлення	Круговий Дихроїзм	Лінійний дихроїзм
Параметри			
Кут повороту площини поляризації θ	Фазовий зсув між ортогональними складовими амплітуди δ	Коефіцієнт кругового дихроїзму Δg	Коефіцієнт лінійного дихроїзму $\Delta \tau$
Парціальна матриця Мюллера $\{\Omega\}$	Парціальна матриця Мюллера $\{D\}$	Парціальна матриця Мюллера $\{\Phi\}$	Парціальна матриця Мюллера $\{\Psi\}$
Матриця Мюллера узагальненої анізотропії $\{M\} = \{\Omega\} \times \{D\} \times \{\Phi\} \times \{\Psi\}$			

Рисунок 1 – Структурно-логічна схема мюллер-матричного моделювання оптичної анізотропії біологічного шару

За умови наявності чотирьох механізмів оптичної анізотропії біологічного шару його узагальнена матриця Мюллера може бути представлена добутком парціальних матричних операторів [2]

$$\{M\} = \prod_{i=1}^4 \{M\}_i = M_{11}^{-1} \times \begin{vmatrix} 1 & M_{12} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{vmatrix}. \quad (1)$$

У дослідженнях азимутальної симетрії матричних операторів [2] продемонстровано, що азимутально-незалежними є наступні матричні елементи та їх комбінації

$$\begin{cases} M_{11}(\Theta) = const; M_{14}(\Theta) = const, \\ M_{41}(\Theta) = const; M_{44}(\Theta) = const, \end{cases} \begin{cases} [M_{22} + M_{33}](\Theta) \equiv \sum M_{22;33}(\Theta) = const, \\ [M_{23} - M_{32}](\Theta) \equiv \Delta M_{23;32}(\Theta) = const \end{cases}. \quad (2)$$

Розглянемо випадок, коли механізмами оптично анізотропного поглинання можна знехтувати

$$\Delta\tau = 1, \Delta g = 0. \quad (3)$$

Така ситуація експериментально реалізується відповідним підбором довжини хвилі, зонduючого біологічний шар, лазерного випромінювання. Відомо, що спектральні максимуми поглинання більшості протеїнових молекул припадають на ультрафіолетову ділянку. Тому експериментально аналітичні умови (3) реалізуються у «червоній – λ_1 » ділянці спектрального діапазону. Отже, із урахуванням умов (3), матричний добуток (1) можна переписати у наступному вигляді

$$\{F(\lambda_1)\} = \{D\}\{\Omega\} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (d_{22}\omega_{22} + d_{23}\omega_{32}) & (d_{22}\omega_{23} + d_{23}\omega_{33}) & d_{24} \\ 0 & (d_{32}\omega_{22} + d_{33}\omega_{32}) & (d_{32}\omega_{23} + d_{33}\omega_{33}) & d_{34} \\ 0 & (d_{42}\omega_{22} + d_{43}\omega_{32}) & (d_{42}\omega_{23} + d_{43}\omega_{33}) & d_{44} \end{vmatrix}. \quad (4)$$

Запропоновані азимутально-незалежні мюллер-матричні інваріанти дозволило знайти та фізично обґрунтувати взаємозв'язки між набором статистичних, кореляційних і фрактальних параметрів, які характеризують розподіли значень поляризаційних, фазових і вектор-параметричних зображень полікристалічних мереж, та розподіли величини лінійного та циркулярного двопронезаломлення біологічних кристалів.

Список літератури

1. Ushenko Yu. A. Polarization properties of biological rough surfaces / Yu. A. Ushenko, V. T. Bachinskii // Proc. Eight International Conference on Correlation Optics. – 2008. – Vol. 7008. – P. 700820.
2. Ushenko Yu. A. A New Method of Mueller-Matrix Diagnostics and Differentiation of Early Oncological Changes of the Skin Derma / Yu. A. Ushenko, A. P. Peresunko, and Bozan Adel Baku // Advances in Optical Technologies. – 2010. – Vol. 2010. – P. 952423.

МЮЛЛЕР-МАТРИЧНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ КРОВОНАПОВНЕНИХ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН

Ушенко В.О.¹⁾, Ушенко Ю.О.¹⁾, Новаковська О.Ю.²⁾, Олар О.І.²⁾

¹⁾ Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича,
Кафедра оптики і видавничо-поліграфічної справи,
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, Україна, 58012
²⁾ Буковинський державний медичний університет,
Театральна пл., 2, м. Чернівці, Україна, 58002

В даній роботі наводяться методи Мюллер-матричного картографування для визначення критеріїв диференціації та діагностики біологічних тканин.

У якості об'єктів дослідження використовувалися гістологічні зрізи операційно вилучених біологічних тканин з двома типами запалення: гострий (група 1 – 36 зразків) та серозний апендицит (група 2 – 36 зразків).

Результати вимірювання ММІ $q = \left\{ M_{44}(m \times n), \frac{\Delta M_{23,32}}{\sum M_{22,33}} \right\}$, які

характеризують оптичну анізотропію гістологічних зрізів апендициту обох груп, наведено на рисунку 1.

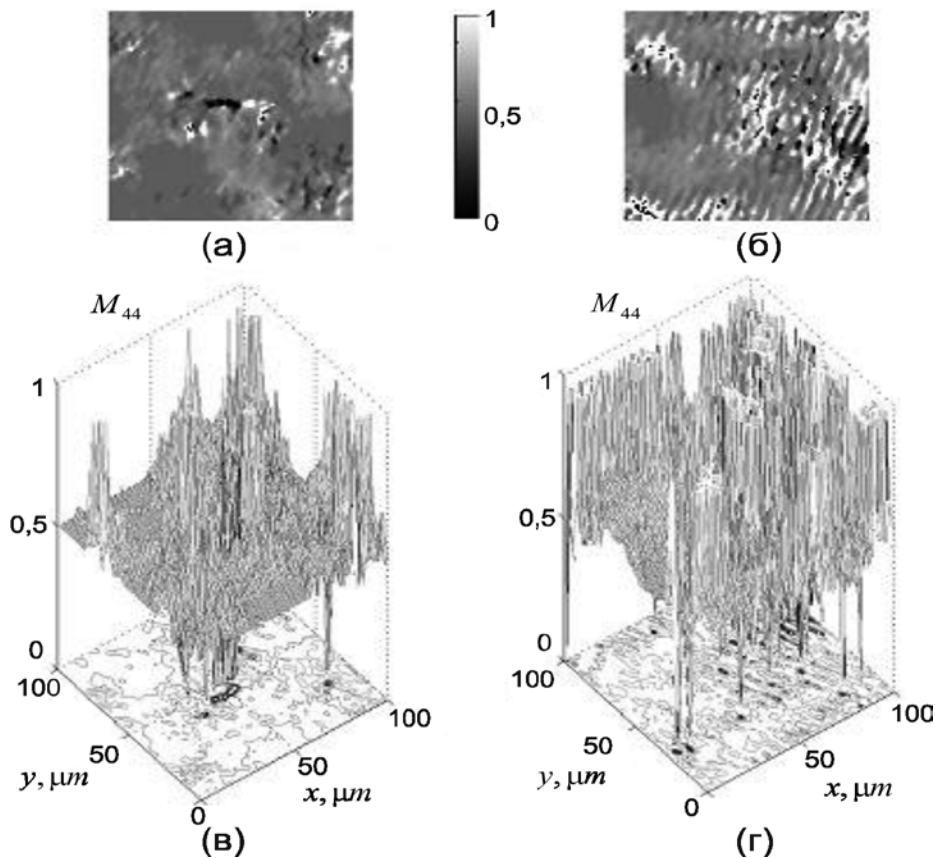


Рисунок 1 – 2D (фрагменти (а), (б)) и 3D (фрагменти (в), (г)) – розподіли матричного елементу M_{44} гістологічних зрізів гострого (фрагменти (а), (в)) та серозного (фрагменти (б), (г)) апендициту

Порівняльний аналіз одержаних даних виявив індивідуальну структуру розподілів $q \equiv \{M_{44}(m \times n)\}$, як за величиною (фрагменти (а), (б)), так і за топографічною будовою (фрагменти (в), (г)). Для зразку з групи 1 найбільш ймовірні (Р) значення даних параметрів лежать у межах $P(M_{44}) \sim 0,45 \div 0,5$; для зразку з групи 2 – $P(M_{44}) \sim 0,8 \div 0,85$.

Одержані результати можна пов'язати з деструкцією оптично анізотропних структур серозного апендициту. Зменшення фазових зсувів ($\delta \downarrow$) супроводжується зростанням величини та діапазону зміни матричного елемента ($M_{44} = \cos \delta$) \uparrow . Тому для гістограми розподілу випадкових значень такого параметру збільшується середнє значення ($Z_1 \uparrow$) та дисперсія ($Z_2 \uparrow$) і, навпаки, зменшуються асиметрія ($Z_3 \downarrow$) та ексцес ($Z_4 \downarrow$).

Таблиця 1 – Операційні характеристики методу Мюллер-матричного картографування

Z_i	M_{44}		
	$Se, \%$	$Sp, \%$	$Ac, \%$
Z_1	84	72	78
Z_2	94	68	81
Z_3	90	76	83
Z_4	92	74	83

Таким чином, мюллер-матричне картографування кровонаповнених біологічних тканин виявилось ефективним у диференціальній діагностиці запальних процесів тканини апендициту – M_{44} (збалансована точність $Ac = 78 \% - 83 \%$).

Список літератури

1. Ushenko Yu. A. Diagnostics of optical anisotropy changes in biological tissues using Müller matrix / Yu. A. Ushenko, Yu. Ya. Tomka, A. V. Dubolazov, O. Yu. Telenga // Quantum Electron. – 2011. – № 41(3) – P. 273-277.
2. Ushenko Yu. A. New parameter for describing and analyzing the optical-anisotropic properties of biological tissues / Yu. A. Ushenko, O. I. Telenga, A. P. Peresunko, O. K. Numan // J. Innov. Opt. Health Sci. – 2011. – № 4(4) – P. 463-475.

МЮЛЛЕР-МАТРИЧНІ ІНВАРІАНТИ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ ОПТИЧНУ АНІЗОТРОПІЮ ГІСТОЛОГІЧНИХ ЗРІЗІВ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН

Ушенко О.Г.¹⁾, Дуболазов О.В.¹⁾, Новаковська О.Ю.²⁾, Олар О.В.²⁾

¹⁾ *Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича,
Кафедра оптики і видавничо-поліграфічної справи,
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, Україна, 58012,
e-mail: a.dubolazov@chnu.edu.ua*

²⁾ *Буковинський державний медичний університет,
Театральна пл., 2, м. Чернівці, Україна, 58002*

Розсіяння оптичного випромінювання біологічними об'єктами і середовищами розглядається у наближенні статистичного усереднення фотометричних та поляризаційних параметрів [1]. Найбільшого розповсюдження набули методи діагностики на основі вивчення полів розсіяного випромінювання засобами класичної фотометрії, Стокс-поляриметрії та Мюллер-матричної оптики [2].

У даному дослідженні наведено результати вивчення закономірностей формування значень Мюллер-матричних зображень (ММІ), що характеризують амплітудну анізотропію найбільш розповсюджених багат шарових тканин органів людини. Результати дослідження статистичної (гістограми розподілу випадкових значень) і масштабно-самоподібної (логарифмічні залежності спектрів потужності) структури ММІ, які характеризують лінійний M_{14} (Рис. 1) і циркулярний M_{41} (Рис. 2) дихроїзм гістологічного зрізу біопсії доброякісної пухлини аденоми простати.

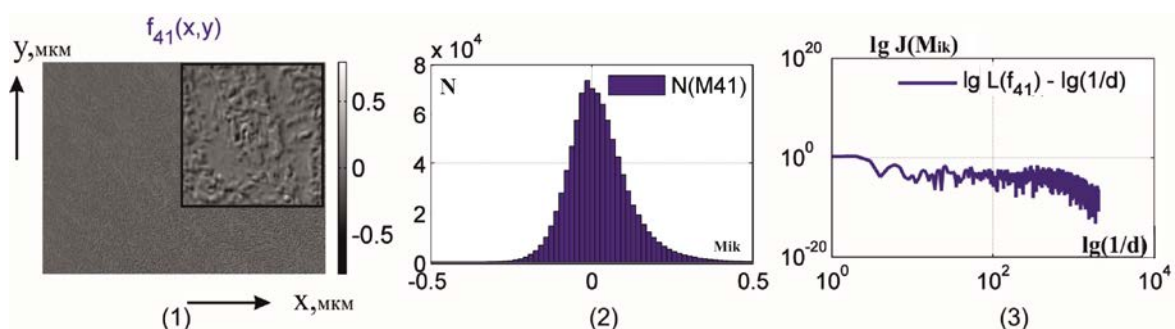


Рисунок 1 – Двовірний $m \times n$ (фрагмент (1)), статистичний $N(M_{41})$ (фрагмент (2)) і $\lg J(M_{41}) - \lg \nu$ (фрагмент (3)) розподіли значень Мюллер-матричного інваріанта M_{41} гістологічного зрізу аденоми простати

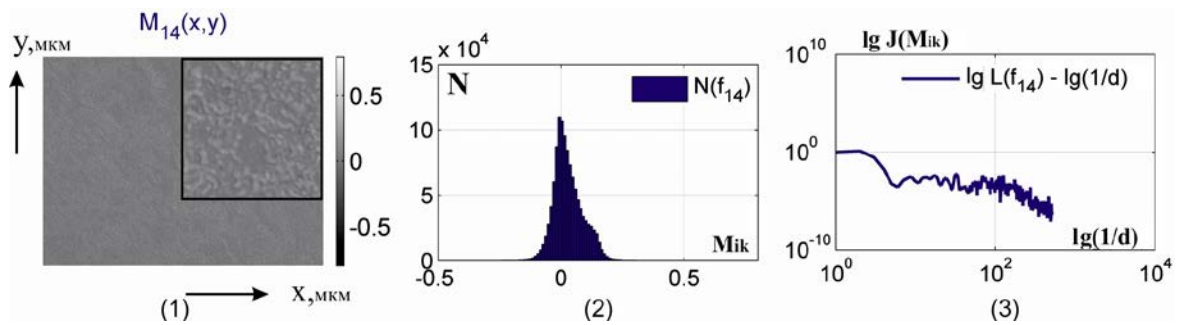


Рисунок 2 – Двомірний $m \times n$ (фрагмент (1)), статистичний $N(M_{14})$ (фрагмент (2)) і $\lg J(M_{14}) - \lg \nu$ (фрагмент (3)) розподіли значень Мюллер-матричного інваріанта M_{14} гістологічного зрізу аденоми простати

Кількісно відмінності у статистичних розподілах значень $M_{44;14;41}(m \times n)$; $\Delta M(m \times n)$ ілюструє серія гістограм $N(M_{44;14;41}, \Delta M)$, яка приведена на фрагментах (2) рис. 1 – рис. 2. З порівняльного аналізу таких розподілів видно, що гістограми $N(M_{14;41})$ - більш вузькі, асиметричні та мають гострі піки (рис. 1, рис. 2, фрагменти (2)).

З аналізу одержаних даних можна зробити наступні висновки: 1. Виявлено індивідуальну топографічну структуру набору всіх ММІ, які характеризують оптичну анізотропію біологічного шару аденоми простати. Такий факт фізично можна пов'язати зі спектральною селективністю проявів механізмів лінійного та кругового дихроїзму. 2. Відомо, що екстремуми спектрів поглинання протеїнових молекул, які формують оптично анізотропні структури, припадають на ультрафіолетову ділянку спектру. В той час, як механізми фазової модуляції діють у широкому спектральному діапазоні.

Список літератури

1. Лазерна поляриметрична діагностика в біології та медицині / [В. П. Пішак, О. Г. Ушенко, О. В. Ангельський, С. Б. Єрмоленко та ін.]; за редакцією В. П. Пішака та О. Г. Ушенка. – Чернівці : Медакадемія, 2000. – 305 с.
2. Лазерна поляризаційна морфологія біологічних тканин: статистичний і фрактальний підходи : монографія / [Ушенко О.Г., Пішак В.П., Ангельський О. В., Ушенко Ю.О.]. – Чернівці : Колір-Друк, 2007. – 314 с.

МЕТОДИ І ЗАСОБИ ФУР'Є-СТОКСПОЛЯРИМЕТРІЇ ТА ПРОСТОРОВО-ЧАСТОТНА ФІЛЬТРАЦІЯ ПРОЯВІВ ФАЗОВОЇ АНІЗОТРОПІЇ

Ушенко О.Г., Ушенко В.О., Дуболазов О.В., Солтис І.В., Олар О.В.,
Мотрич А.В., Новаковська О.Ю.

*Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича,
Кафедра оптики і видавничо-поліграфічної справи,
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, Україна, 58012*

В даній роботі наведено опис методики фур'є-поляризаційного картографування поля лазерного випромінювання, перетвореного гістологічними зрізами біологічних тканин різних типів.

На рис. 1 представлена оптична схема лазерного стокс-поляриметра з просторово-частотною фільтрацією [1-2].

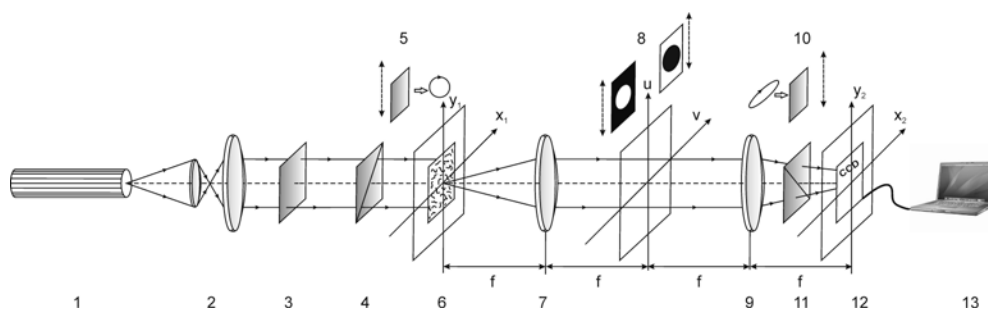


Рисунок 1 – Оптична схема стоксполяриметра з використанням просторово-частотної фільтрації, де 1 – He-Ne лазер; 2 – коліматор; 3 – стаціонарна чвертьхвильова платівка; 5, 10 – механічно рухомі чвертьхвильові платівки; 4, 11 – поляризатор та аналізатор відповідно; 6 – об'єкт дослідження; 7, 9 – мікροоб'єктиви; 8 – низькочастотний та високочастотний фільтри, 12 – CCD камера; 13 – персональний комп'ютер

Опромінення зразка 6 проводилося паралельним ($\varnothing = 10^4$ мкм) пучком світла He-Ne лазера ($\lambda = 0,6328$ мкм, потужність $W = 5$ мВт). Поляризаційний освітлювач складається з чвертьхвильових платівок 3, 5 та поляризатора 4. У задній фокальній площині мікροоб'єктива 7 розміщувався просторово-частотний (низькочастотний або високочастотний) фільтр 8. Поляризаційний мікροоб'єктив 9 (фокусна відстань $f = 30$ мм, збільшення 4X, цифрова апертура $N.A. = 0,1$) встановлювався на фокусній відстані від частотної площини об'єктива 7, завдяки чому здійснювалося зворотнє фур'є-перетворення просторово-частотно відфільтрованого поля лазерного випромінювання.

Координатний розподіл інтенсивності такого поля реєструвався в площині світлочутливої CCD-камери 12, яка знаходилася також на

фокальній відстані від мікрооб'єктива 9.

На рис. 2 наведено результати статистичного та фрактального аналізу низькочастотного координатного розподілу значень мюллер-матричного інваріанта $M_{44}(\delta)$.

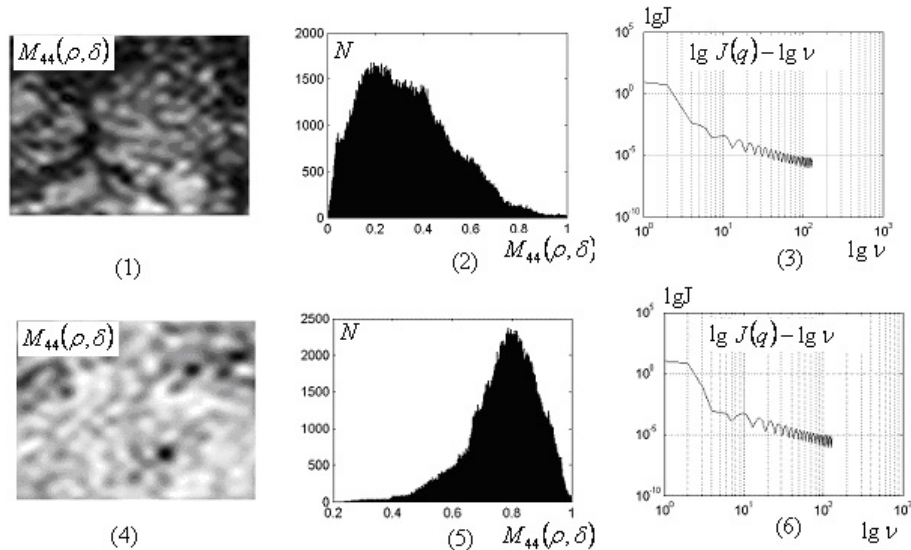


Рисунок 2 – «Низькочастотні» мапи $M_{44}(\delta)$ (1), (4), гістограми (2), (5), логарифмічні залежності спектрів потужності (3), (6) гістологічних зрізів біопсії аденоми ((1)-(3)) і карциноми ((4)-(6))

Порівняльний аналіз одержаних даних, які характеризують статистичну та масштабно-самоподібну структуру мап $M_{44}(\delta)$, що описують лінійне двопронезаломлення міозинових сіток м'язової оболонки стінки прямої кишки, виявив значні відмінності між доброякісним і злоякісним станом. А саме, основні екстремуми гістограм розподілу випадкових значень $M_{44}(\delta)$ гістологічних зрізів зразків обох типів припадають на різні ділянки. Так, найбільш імовірними значеннями для гістологічного зрізу злоякісної пухлини є значення $M_{44}(\delta) \sim 0,2$ (Рис. 2, фрагмент (5)); для зразку доброякісної пухлини $M_{44}(\delta) \sim 0,8$ (Рис. 2, фрагмент (2)).

Список літератури

1. Karachevtsev A.O. Fourier Stokes-polarimetry of biological layers polycrystalline networks / Karachevtsev A.O. // Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. – 2012. – Vol. 15, № 3. – P. 252-268.
2. Ushenko Yu. A. A fractal and statistic analysis of Mueller-matrix images of phase inhomogeneous layers / Ushenko Yu. A.; A. V. Dubolazov; A. O. Karachevtcev; N. I. Zabolotna // Proceedings SPIE. – 2011. – Vol. 8134. – P. 81340P4.

ПОЛЯРИЗАЦІЙНА РЕКОНСТРУКЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ОПТИЧНОЇ АНІЗОТРОПІЇ ПЛІВОК ЖОВЧІ ЛЮДИНИ

Ушенко О.Г.¹⁾, Ушенко В.О.¹⁾, Новаковська О.Ю.²⁾, Олар О.І.²⁾
Бурковец Д.М.¹⁾, Бесага Р.М.¹⁾

¹⁾ *Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича
Кафедра оптики і видавничо-поліграфічної справи,
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, Україна, 58012*
²⁾ *Буковинський державний медичний університет
Театральна пл., 2, м. Чернівці, Україна, 58002*

З оптичного погляду жовч являє собою багатокомпонентну фазово-неоднорідну рідину до складу якої входять три основні фракції [1-2]:

– оптично-ізотропна – оптично-гомогенний міцелярний розчин з невеликою кількістю клітин циліндричного епітелію, лейкоцитів, лейкоцитоїдів, слизу;

– оптично-анізотропна – рідкокристалічна фаза, що складається із сукупності рідких кристалів трьох типів: голчасті кристали жирних кислот, кристали моногідрату холестерину, кристали білірубінату кальцію;

– оптично-кристалічна – твердокристалічна фаза, що утворюється за рахунок дендритного та дисклінаційного механізмів кристалізації.

Серія рис. 1 – рис. 2 ілюструє результати методу мюллер-матричної реконструкції параметрів фазової анізотропії полікристалічних плівок жовчі [1].

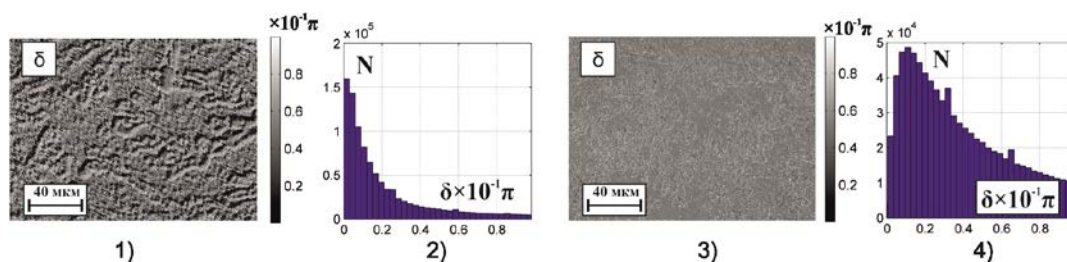


Рисунок 1 – Координатні ((1), (3)) та імовірнісні ((2), (4)) розподіли значень фазових зсувів δ , сформованих полікристалічною плівкою жовчі групи донорів ((1), (2)) і хворих на діабет II типу ((3), (4))

Порівняльний аналіз одержаних даних виявив, що найбільш чутливими ($\Delta Z_{i=1;2;3;4}(q) = \max$) до змін розподілів параметрів фазової та амплітудної анізотропії є статистичні моменти 1-го і 2-го порядків, які характеризують гістограми $N(q)$ плівок жовчі обох груп пацієнтів. Тому для таких параметрів більш інформативним ($Se \uparrow$; $Sp \uparrow$; $Ac \uparrow$) виявився

метод мюллер-матричного відтворення параметрів оптичної анізотропії шарів жовчі – таблиця 1.

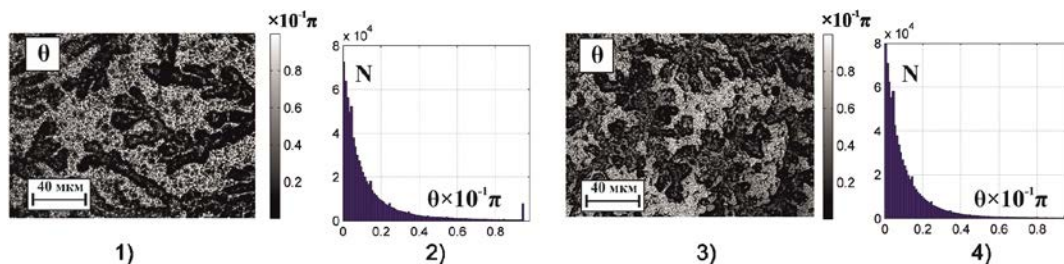


Рисунок 2 – Координатні ((1), (3)) та імовірнісні ((2), (4)) розподіли значень фазових зсувів θ , сформованих полікристалічною плівкою жовчі групи донорів ((1), (2)) і хворих на діабет II типу ((3), (4))

Таблиця 1 – Збалансована точність методу мюллер-матричної реконструкції полікристалічної структури плівок жовчі

q	Z_i	$\delta(\lambda_1)$	$\theta(\lambda_1)$	$\Delta\tau(\lambda_2)$	$\Delta g(\lambda_2)$
$Ac(Z_i)$	Z_1	81,55%	84,15%	89,5%	91,15%
	Z_2	78,95%	87,65%	92,95%	93,8%
	Z_3	64,85%	69,25%	75,4%	69,25%
	Z_4	68,4%	68,4%	77,15%	75,4%

Отримані результати дозволяють стверджувати про високий рівень збалансованої точності запропонованого «двохвильового» методу реконструкції параметрів полікристалічних плівок жовчі. Згідно з критеріями доказової медицини, параметри $R(\delta, \theta) \sim 80\%$ відповідають хорошій якості, а $R(\Delta\tau, \Delta g) \sim 90\% - 95\%$ – високій якості діагностичного тесту.

Список літератури

1. Ushenko Yu. A. Polarization properties of biological rough surfaces / Yu. A. Ushenko, V. T. Bachinskii // Proc. Eight International Conference on Correlation Optics. – 2008. – Vol. 7008. – P. 700-820.
2. Polarization Metrology Of Mueller Matrices Images Of Phase-Inhomogeneous Layers / [A. G. Ushenko, Yu. A. Ushenko, I. Z. Misevitch et al.] // Proc. The 9th International Symposium on Measurement Technology and Intelligent Instruments. – 2009. – Vol. 3 – P. 267-271.

АЗИМУТАЛЬНО-ІНВАРІАНТНЕ МЮЛЛЕР-МАТРИЧНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ ОПТИЧНО АНІЗОТРОПНИХ МЕРЕЖ БІОЛОГІЧНИХ ШАРІВ

Ушенко Ю.О., Дуболазов О.В., Ушенко В.О., Горский М.П.,
Бурковец Д.М., Бесага Р.М.
Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича,
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, Україна, 58012

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю розробки нових комплексних підходів до аналізу лазерних полів біологічних тканин і рідин, пошуку нових азимутально-незалежних методів стокс-поляриметрії, фазометрії, мюллер-матричного та поляризаційно-кореляційного картографування полікристалічних біологічних мереж, а також лазерної автофлуоресцентної поляриметрії у діагностиці та диференціації проявів механізмів їхньої фазової анізотропії.

Вимірювання координатних розподілів (двомірні масиви значень у площині зразків) значень елементів матриць Мюллера виконувалося у розташуванні (Рис. 1) стандартного стокс поляриметра [1-2].

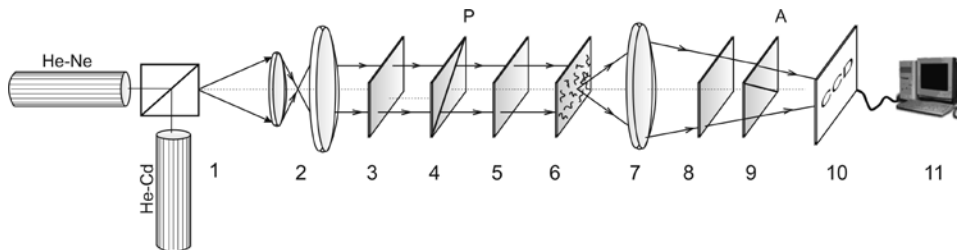


Рисунок 1 – Оптична схема «двохвильового» спектрально-селективного стоксполяриметра. Пояснення у тексті

Опромінювання зразків 6 послідовно проводилося паралельним ($\varnothing = 2 \times 10^3 \mu m$) пучком «червоного» He-Ne ($\lambda_1 = 0.6328 \mu m$) і напівпровідникового «синього» ($\lambda_2 = 0.405 \mu m$) лазерів 1. Поляризаційний опромінювач складався з чвертьхвильової пластинки 3 та поляризатора 4. Зображення зразків 6 за допомогою поляризаційного мікрооб'єктива 7 (Nikon CFI Achromat P, фокусна відстань – 30 мм, апертура – 0,1; збільшення – 4x) проектувалося у площину світлочутливої площинки CCD-камери 10 (The Imaging Source DMK 41AU02.AS, monochrome 1/2" CCD, Sony ICX205AL (progressive scan); роздільна здатність – 1280×960; розмір світлочутливої площинки – 7600×6200 мкм; чутливість – 0.05 lx; динамічний діапазон – 8 bit). Поляризаційний аналіз зображень зразків 6 відбувався за допомогою чвертьхвильової пластинки 8 та поляризатора 9.

На рис. 2 наведено серію мюллер-матричних зображень гістологічного зрізу одношарової тканини скелетного м'яза (просторово

впорядкована фібрилярна мережа, сформована оптично активними молекулами міозину).

Порівняльний аналіз структури мюллер-матричних зображень, які характеризують фазову й амплітудну анізотропію біологічного шару, дозволяє на різних рівнях морфологічної організації будови (молекули – кристаліти – фібрили – волокна – пучки) тканини розширити фізичні уявлення про спектр механізмів взаємодії лазерного випромінювання з фібрилярними мережами.

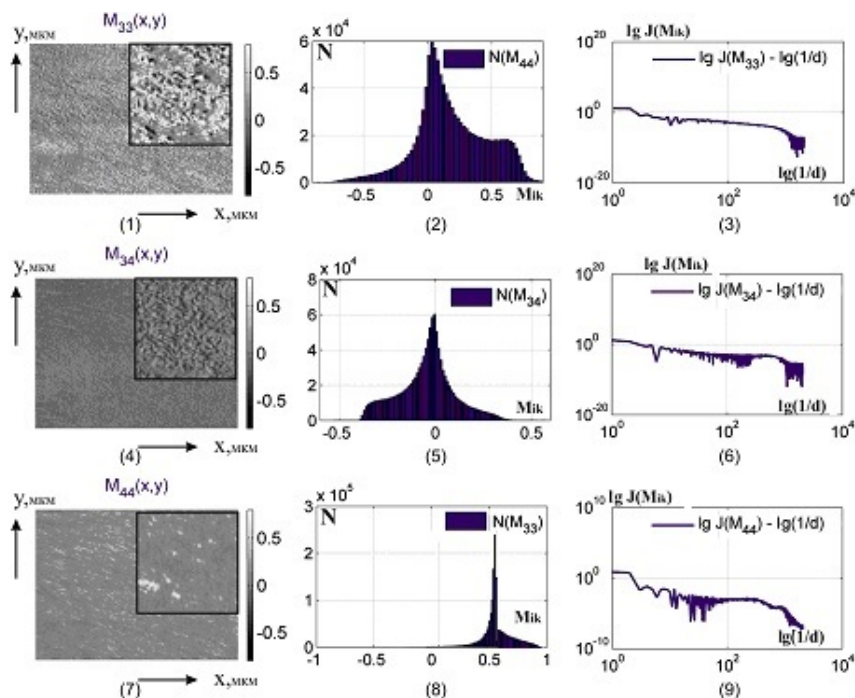


Рисунок 2 – Статистична та масштабно-самоподібна структура розподілів значень мюллер-матричних зображень гістологічного зрізу скелетного м'яза

Встановлено об'єктивні статистичні (статистичні моменти 1-го – 4-го порядків) та фрактальні (логарифмічні залежності спектрів потужності) критерії, за якими оцінюються процеси зміни анізотропії біологічних шарів, що пов'язані з патологією тканин або органів людини.

Список літератури

1. Ushenko Yu. A. Classifying optical properties of surface-and bulk-scattering biological layers with polarization singular states / Yu. A. Ushenko, G. B. Bodnar, G. D. Koval // Journal of Innovative Optical Health Sciences. – 2013. – № 6(3). – P. 1350018.
2. Complex Polarization-Phase and Spatial-Frequency Selections of Laser Images of Blood-Plasma Films in Diagnostics of Changes in Their Polycrystalline Structure / [Yu. A. Ushenko, P. O. Angelsky, A. V. Dubolazov et al.] // Optics and Spectroscopy. – 2013. – № 115(4). – P. 601-609.

МЕТОДИ АНАЛІЗУ МЕДИЧНИХ ДАНИХ В ДІАГНОСТИЧНІЙ СИСТЕМІ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Харченко Є.С., Поворознюк А.І.
*Національний технічний університет «ХПІ»,
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002, e-mail: xabi@meta.ua*

Класифікаційна задача, яка в медичній галузі еквівалентна задачі діагностики, є одним з основних завдань аналізу даних. В даний час класифікатори, побудовані за допомогою методів статистичного аналізу, нейронних мереж, еволюційних алгоритмів, експертних систем та інших підходів, дозволяють отримати досить точні результати. Однак, для медика, що приймає рішення про діагноз, віднесення хворого до тієї чи іншої групи ризику, важливі не тільки результати класифікації, а й можливість їх інтерпретації. Тому для медичних завдань переважною є класифікаційна модель, що складається з набору лінгвістичних правил, аналогічних використуванню в процесі міркувань людини. Використання апарату нечіткої логіки дозволяє представити класифікатор у вигляді набору правил зрозумілих медику. У зв'язку з тим, що нечіткі класифікатори є статичними, об'єднання їх з іншими інтелектуальними методами, що забезпечують навчання й адаптацію класифікатора до наявних даних, як наприклад нейронні мережі й генетичні алгоритми, являє собою сучасний напрямок досліджень в області інтелектуального аналізу даних.

Методи м'яких обчислень або обчислювального інтелекту (computational intelligence), такі як штучні нейронні мережі, нечітка логіка й генетичні алгоритми (ГА) є в даний час одними з найбільш затребуваних, бо дозволяють знайти рішення складних практичних завдань, які не можуть бути вирішені стандартними методами. Останнім часом активно розробляються нові підходи до побудови гібридних моделей вирішення завдань в різних прикладних областях, в тому числі і в медицині.

Основні підходи до генетичного навчання бази правил нечіткої системи з погляду кодування правил в популяції особин ГА можна розділити на дві основні групи:

- підхід «Хромосома = набір правил», також званий підходом Пітсбург, в якому кожна особина ГА являє собою набір правил;
- підхід «Хромосома = правило», де кожна особина ГА кодує одне правило НС, а весь набір правил являє собою комбінацію декількох особин популяції ГА.

У свою чергу підхід «Хромосома = правило» підрозділяється на три групи.

1. Підхід Мічиган, який зазвичай характерний для навчаної системи класифікації, що використовує ГА для навчання правил, керуючих її

ефективністю. ГА в цьому випадку дозволяє знаходити ефективні нечіткі правила у великому пошуковому просторі, проте його можливості пошуку всього набору правил невисокі. Це відбувається тому, що в якості оціночної або оптимізуючої функції використовується точність класифікації окремих нечітких правил, а не всього набору правил.

2. Ітераційний підхід до навчання нечітких правил, при якому хромосома представляє правило, а рішенням є найкраща особина, отримана в процесі еволюції. Глобальне рішення формується з найкращих особин при багаторазовому запуску ГА.

3. Підхід «кооперація-змагання», при якому вся популяція або підмножина особин ГА кодує весь набір правил НС.

Загальна схема навчання бази правил приведена на рисунку 1.



Рисунок 1 – Схема навчання БП

Основною причиною використання генетичного навчання нечіткої системи є можливість автоматизації процесу визначення і налаштування її бази знань (БЗ), що може розглядатися як оптимізаційна задача.

Одним з найважливіших етапів процесу вилучення знань з великого обсягу накопичених медичних даних є етап попередньої обробки вихідних даних, що включає виділення інформативних ознак. Завдяки широкому поширенню комп'ютерних технологій, в базах даних медичних установ накопичується велика кількість різномірної медичної інформації, велика частина якої прямо не пов'язана з вирішенням конкретного завдання, як наприклад задачі класифікації або прогнозу. У цьому випадку виключення з розгляду надлишкових і несуттєвих ознак дозволяє не тільки підвищити точність рішення задачі і скоротити час на пошук рішення, але й отримати більш простий і зрозумілий результат.

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ И ОТБОР ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ РАСПОЗНАВАЕМЫХ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ, ОБУЧАЕМЫХ С УЧИТЕЛЕМ

Шачиков А. Д.¹⁾, Шуляк О. П.²⁾

*¹⁾ Национальный технический университет Украины «КПИ»,
просп. Ватутина, 26, г. Киев, Украина, 02183,
e-mail: light.ash1@gmail.com*

*²⁾ Национальный технический университет Украины «КПИ»,
ул. Леонтовича 6А, г. Киев, Украина, 01030,
e-mail: shulyak.alex@mail.ru*

Вопрос комплексирования разнородных систем признаков и отбора из них наиболее информативных для распознавания образов является актуальной задачей, решаемой с целью повышения качества диагностики пациентов. В данной работе этот вопрос рассматривается в связи с рядом обстоятельств.

Во-первых, появление и необходимость учёта разных систем диагностических признаков заболеваний возникает при использовании в целях диагностики различных инструментальных средств обследования пациентов.

Во-вторых, наблюдаемые при этом процессы и характеристики часто становятся исходным материалом для оценки общепринятых амплитудно-временных или иных соотношений, а также подвергаются специальным преобразованиям с использованием тех или иных систем базисных функций – с порождением новых систем признаков.

Для каждой такой системы может быть получена [1, 2] оценка информативности каждого элемента, а за счёт исключения из рассмотрения признаков, вносящих наибольшие размытие образов, может быть повышено качество решения задачи распознавания и достигнут тот порог, который отмечает предел информативности рассматриваемого описания.

Смысл предлагаемой к рассмотрению работы состоит в комплексировании разнородных систем признаков, рассмотрении их общим списком [1] и в исследовании возможности дальнейшего повешения качества решения задачи при использовании того же подхода, что и при упомянутой технологии работы с отдельными списками [2]

Для иллюстрации содержания исследований рассматривается задача распознавания образов для двух типов QRS-комплексов в кардиограмме с использованием характеристики их формы, а также результата одного из его преобразований. Характеристика формы сигнала получается из его исходного вида исключением постоянной составляющей и нормированием энергии с приведением её значения к единице.

Исследуемая версия состоит в том, что для рассматриваемого подхода нижняя грань оценки вероятности правильного распознавания образов (при прочих равных условиях) оказывается не ниже наилучшего показателя совместно с рассматриваемых систем.

Сопоставление сигналов при принятии решений выполняется на основе расчётов значений корреляционных интегралов, по максимуму которых производится выбор соответствующего варианта. В каждом случае изменения состава признаков в портретах рассматриваемых сигналов обязательным является их нормирование по энергии с приведением её значения к единице.

Оценка информативности признаков в предлагаемой работе выполняется двумя основными способами.

В первом из исходного состава признаков рассматриваемой системы поочередно исключается каждый из них. При этом прямым подсчётом правильных и ошибочных решений на обучающей выборке оценивается влияние используемого отсчёта на вероятность распознавания образов. Далее отсчёты ранжируются по указанному показателю.

При втором способе по данным обучающей выборки строятся гистограммы распределения значений каждого признака. С использованием двух разных критериев производится расчёт информативности каждого элемента рассматриваемого портрета. Первым является известный критерий Кульбака [1], значения которого выражают различимость указанных гистограмм для разных версий принимаемого решения. Второй критерий специально разработан авторами для решения этого вопроса.

Для указанного примера приводятся результаты оценки информативности признаков, результаты их отбора и оценка его качества, достигаемая при комплексировании вероятности правильного решения задачи распознавания образов.

Приводятся также результаты сравнения случаев применения разных критериев оценки информативности признаков. Данный подход не исключает своего применения при рассмотрении систем однарных, бинарных и других составных признаков более высокой размерности.

Список литературы

1. Генкин А.А. Новая информационная технология анализа медицинских данных (программный комплекс ОМИС) [Текст] / Генкин А.А. – СПб. : Политехника, 1999. – 191 с.
2. Оработка принципов анализа структуры циклических медико-биологических сигналов для их обнаружения, распознавания и классификации [Текст] / Шачиков А. Д. Шуляк А.П. // Вісник Національного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія приладобудування, 2015. – №49(1) – С. 169-179.

БИНАРНЫЕ ПРИЗНАКИ ТИПОВ QRS-КОМПЛЕКСОВ В ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЕ И СРАВНЕНИЕ ИХ ИНФОРМАТИВНОСТИ В РАСПОЗНАЮЩИХ СИСТЕМАХ, ОБУЧАЕМЫХ С УЧИТЕЛЕМ

Шелофаст В. А.¹⁾, Шуляк О. П.²⁾

***1) Национальный технический университет Украины «КПИ»,
ул. Металлистов, 3, к.2-20, г. Киев, Украина, 02183,
e-mail: vitalyturkov@gmail.com***

***2) Национальный технический университет Украины «КПИ»,
ул. Леонтовича 6А, г. Киев, Украина, 01030,
e-mail: shulyak.alex@mail.ru***

Одно из важнейших направлений повышения качества диагностики пациентов – поиск наиболее информативных признаков заболеваний в анализируемых медико-биологических сигналах и характеристиках, при многообразии медицинских специализаций, состава диагностируемых заболеваний, интерпретируемых данных обследования пациентов и конкретных формулировок задач распознавания образов [1]. Анализируемые данные в своем исходном виде часто представлены равнодискретными последовательностями отсчетов указанных сигналов и характеристик. При принятии решений в простейшем случае используются наборы одинарных диагностических признаков, которые являются параметрами амплитудно-временных и иных соотношений в наблюдаемых процессах и характеристиках, или непосредственно их отсчеты.

В практике исследований отмечается, что высокую информативность могут иметь составные признаки, образованные комбинациями одинарных, в том числе, бинарные признаки в виде сочетаний одинарных признаков в их неразрывном единстве или результат некоторых действий между этими объектами [2]. Такие признаки могут составить основу характерного образа заболевания и, в то же время, использоваться в описании сигналов и характеристик при выяснении их принадлежности определенным классам.

Таким образом, в конкретных приложениях сохраняют свою актуальность вопросы формирования, исследования информативности, а также определения порядка использования бинарных признаков, получаемых из заданного набора одинарных. Благоприятные условия решения задачи возникают в системах, обучаемых с учителем, с достаточными наборами реализаций по типам объектов, создающих возможность получения оценок информативности рассматриваемых признаков.

Информативность признаков в работе оценивается по их влиянию на вероятность правильного распознавания образов [3]. Для иллюстрации рассматривается случай распознавания двух типов QRS-комплексов (N и

V). Исходная последовательность одинарных признаков – отсчеты характеристики формы QRS-комплексов [3] в окне наблюдения (128 отсчетов). Положения комплексов в окне синхронизировано по максимумам R-пиков с фиксацией их положения в одном месте. Исходное количество бинарных признаков – 8128.

При оценке информативности бинарных признаков реализуется способ оценки изменения вероятности правильного решения задачи при исключении каждого признака из рассмотрения. Исследуется также использование критерия Кульбака оценки информативности признаков и иного критерия – с расчетом нормированного корреляционного интеграла (скалярного произведения) сопоставляемых распределений частот.

Формируемые на этапе обучения системы гистограммы распределения сочетаний значений в парах признаков удобно представить в виде матрицы для каждого возможного исхода решения. Матрицы – квадратные, что соответствует одинаковым разбиениям диапазонов значений разных признаков на поддиапазоны.

Сопоставление различных объектов, описываемых в терминах бинарных признаков, при принятии решений распознающей системой, в рассматриваемых процедурах, основано на оценке их близости с расчетом значений соответствующих корреляционных интегралов.

Содержание и особенности процедур формирования бинарных признаков сигналов, сравнения их по информативности и отбору, действия по обучению распознающей системы, сопоставления рассматриваемых объектов по указанным признакам детализируется на тестовом примере работы с данными конкретного пациента в задаче распознавания типов QRS-комплексов в результатах его ЭКГ-обследования по одному отведению.

Рассматриваемая технология не имеет существенных ограничений в применении к анализу других типов циклических медико-биологических процессов.

Список литературы

1. Антамонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных [Текст] / М. Ю. Антамонов – М. : Наука, 2005. – 558 с.
2. Генкин А.А. Новая информационная технология анализа медицинских данных (программный комплекс ОМИС) [Текст] / Генкин А.А. – СПб. : Политехника, 1999. – 191 с.
3. Шачиков А. Д. Отработка принципов анализа структуры циклических медико-биологических сигналов для их обнаружения, распознавания и классификации [Текст] / А.Д. Шачиков, А.П. Шуляк // Вісник Національного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія приладобудування.– 2015. – № 49(1). – С. 169-179.

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ КАРДИОСИГНАЛА В ЗАДАЧАХ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ

Шишкин М.А., Колесник К.В.

*Национальный технический университет «ХПИ»,
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002, e-mail: m_shishkin@inbox.ru*

Современная телемедицина предъявляет все более высокие требования к достоверности и качеству получения биомедицинской информации. Особенно это актуально для сложных сигналов, к которым в частности, можно отнести ЭКГ [1].

Необходимым условием эффективного обнаружения нарушений работы сердца является точное распознавание на ЭКГ комплексов сигналов QRS и P, описывающих прохождение волны возбуждения по желудочкам и предсердиям соответственно. Кроме того, необходимо учитывать, что при длительном мониторинге сигналов ЭКГ распознавание должно быть автоматическим. Необходимый при этом вычислительный процесс усложняется сложностью определения характерных точек ЭКГ, так как параметры сигналов QRS и P могут отличаться на ЭКГ по амплитуде и длительности в в несколько раз.

При патологических изменениях в сердце форма ЭКГ может меняться в зависимости от состояния пациента, поэтому для таких пациентов необходим постоянный контроль ЭКГ – для выявления возможных изменений. Зачастую, если пациент находится не в условии стационара, с этой целью используются мобильные телемедицинские устройства [2], которые представляют собой систему датчиков, подключенных к спецпроцессору на микроконтроллере.

Данный микроконтроллер, который располагается непосредственно в месте съема биомедицинских параметров пациента, должен реализовывать алгоритм, позволяющий осуществлять не только служебные функции телеметрического устройства по обеспечению получения и передачи биомедицинской информации о состоянии пациента на пульт контроля консультирующего врача, но и осуществлять ее предварительную обработку и анализ сигналов ЭКГ. Для решения данной задачи в реальном времени, должны быть использованы вычислительные ресурсы встроенного в устройство микроконтроллера, удовлетворяющего следующим условиям:

- минимальные затраты по вычислительной мощности;
- способность алгоритма к распознаванию и классификации основных компонентов ЭКГ;
- высокая помехоустойчивость.

В настоящее время существует множество методов анализа сигналов ЭКГ [3], которые можно разделить на следующие основные группы:

- частотно-временные методы;

- методы, основанные на использовании нейронных сетей;
- синтаксические методы;
- методы эталонов;
- комбинированные методы.

Предлагаемый нами алгоритм анализа ЭКГ [4] можно разделить на следующие этапы.

1. Предварительная обработка фрагмента зарегистрированного сигнала с целью фильтрации характерных помех и повышения достоверности кардиосигнала. При этом необходимо устранить влияние низкочастотных помех питающей сети, высокочастотных наводок, а также помех съема сигнала: мышечных шумов, дрейф изолинии и др.

2. Выделение основных сегментов ЭКГ, в частности, QRS комплекса и Р волны, производилось с использованием первой производной сигнала с адаптивным пороговым детектором зубцов.

3. Для повышения эффективности анализа и классификации выделенных сегментов определялись два адаптивных пороговых значения к потокам данных: содержащим сигнал, прошедший предварительную фильтрацию, и сигнал, подвергнутый нелинейным преобразованиям.

4. Анализ ритма сердца выполнялся с использованием данных об RR-интервалах, заранее классифицированных для предварительно обработанных комплексов.

Тестирование предложенного алгоритма проводилось на ЭКГ, полученных на 12-канальном электрокардиографе. При этом корректно были определены до 97% QRS-комплексов. Наличие ошибок обусловлено погрешностями в формировании пороговых значений, которые возможно уменьшить при использовании системы на базе нечеткой логики [4].

Список литературы

1. Владзимерский А.В. Телемедицина [Текст] / Владзимерский А.В. // Донецк : ООО «Цифровая типография», 2011. – 477 с.
2. Колесник К.В. Особенности применения GSM/GPRS – связи в телемедицинском скрининге [Текст] / Колесник К.В., Шишкин М.А., Кипенский А.В., Сокол Е.И. // Труды XV Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии: СИЭТ-2014».– т. I.– Украина, Одесса.– 2014.– С. 38-39.
3. Нагин В.А. Особенности реализации алгоритмов QRS-комплексов для ЭКГ-систем реального времени [Текст] / Нагин В.А., Селищев С.В. // Медицинская техника. М. : Медицина. – 2001. – №6. – С.18-23.
4. Шишкин М.А. Нечеткая система определения параметров QRS-комплекса ЭКГ в телемедицине [Текст] / Шишкин М.А., Колесник К.В. // Труды XVI Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии: СИЭТ-2015».– т. I.– Украина, Одесса.– 2015.– С. 42-43.

СЕКЦІЯ 3. ПРИЛАДИ І МЕТОДИ КОНТРОЛЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ РЕЧОВИН

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

**Безымянный Ю.Г., Гадзыра Н.Ф., Комаров К.А., Давидчук Н.К.
*Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН
Украины, г.Киев, 03142, ул.Кржижановского, 3, bezimnyi@i.com.ua***

Продолжительная эксплуатация деталей машин, формообразующего и режущего инструмента, их долговечность в определяющей степени связаны с износостойкостью материалов, из которых они изготовлены. Износостойкость деталей зависит от структуры и свойств материала, особенно поверхностных слоёв, состояния контактирующего тела и условий трения. Одним из направлений повышения износостойкости материалов есть их дисперсное упрочнение твёрдыми соединениями. [1]

Определение износостойкости связано с проведением не дешёвых разрушающих испытаний. Поэтому представляет интерес исследование возможности оценки износостойкости неразрушающими методами.

Исследования проводили на стальных образцах с размерами 5*10*20 мм, полученных сплавлением железных порошков с 3 % продуктов высокотемпературного взаимодействия карбидов кремния, титана, хрома с оксидами железа, хрома, титана и вольфрама. Такие продукты характеризуются полифазным состоянием, высокой дисперсностью и удовлетворительной растворимостью в расплаве железа.

Были измерены следующие характеристики материалов: плотность, твёрдость по Виккерсу и Роквеллу, интенсивность износа (весовой и линейный), затухание продольной, а также скорость распространения продольной и поперечной упругих волн. Плотность определяли методом гидростатического взвешивания, твёрдость и интенсивность износа – по стандартным методикам [2-4]. Скорость распространения упругих волн измеряли методом радиоимпульса с дискретной задержкой [5] при ударном возбуждении преобразователя на частоте 5 и 1 МГц для продольной и поперечной упругих волн, соответственно. Затухание измеряли методом импульса сравнения [5] на частоте 4 МГц. По результатам измерений рассчитаны модули Юнга и сдвига, коэффициент Пуассона, а также время распространения продольной упругой волны в контактном слое (t_k) между преобразователем и образцом.

Исследованные образцы были систематизированы по увеличению степени износа. Анализ полученных результатов позволил установить следующее (рис. 1): темп износа и весовой износ с высокой степенью

достоверности линейно аппроксимируются близкими функциональными зависимостями (а); для большинства исследованных характеристик отсутствует корреляция с темпом износа; для величин твёрдости (б) и t_k (в) наблюдается согласование с величиной темпа износа, но не для всех образцов, причём разных для каждой характеристики; предложен мультипликативный параметр твёрдости и t_k , позволяющий получить удовлетворительную линейную аппроксимацию функциональной зависимости, аналогичную для темпа износа; развитие работы может идти в направлении использования поверхностных упругих волн.

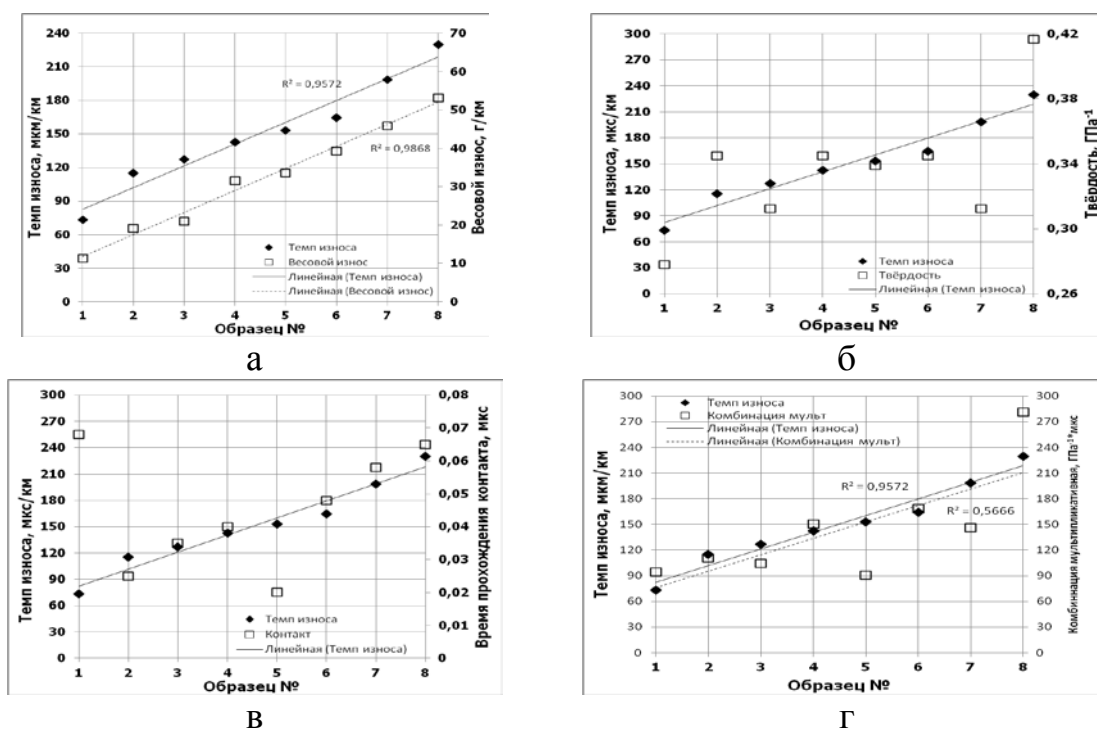


Рисунок 1 – Сопоставление различных характеристик материалов с темпом износа

Список литературы

1. Износ и износостойкие материалы. Неорганическое материаловедение [Энциклопед. изд.: В 2 т.] / под ред. Г.Г. Гнесина, В.В.Скорохода. – Т.2. Кн.1. А – О: Материалы и технологии. – Киев: Наукова думка, 2008. – С.358-370.
2. Metallic materials. Rockwell hardness test. Part 1: Test method : ISO 6508-1:2015.
3. Metallic materials. Vickers hardness test. Part 1: Test method : ISO 6507-1:2005.
4. Трение, изнашивание и смазка. [Справочник в 2 кн.] / под ред. И.В.Крагельского, В.В.Алишина. – М. : Машиностроение, 1978. – 400 с.
5. Труэлл Р. Ультразвуковые методы в физике твердого тела [Текст] / Труэлл Р., Эльбаум Ч., Чик Б. – М. : Мир, 1972. – 302с.

ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВ АЛЮМИНИЯ С ДОБАВКОЙ БОРИДОВ АЛЮМИНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

**Безымянный Ю.Г., Деревянко А.В., Колесников А.Н., Назаренко В.А.,
Талько О.В.**

*Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН
Украины, г. Киев, 03142, ул.Кржижановского, 3, bezimnyi@i.com.ua*

Материалы на основе икосаэдрических структур бора с лёгкими элементами (алюминий, магний), получаемые методами литья, [1] имеют специфические свойства: высокую твёрдость, низкий удельный вес и высокий модуль упругости, что обуславливает их использование в качестве лёгких бронезилетов. Также возможно использование этих сплавов как конструкционные материалы в автомобильной, авиационной, ракетной технике и спортивной индустрии. Поэтому представляет интерес разработка технологии создания таких структур методами порошковой металлургии. Отработка порошковой технологии возможна с помощью акустических методов неразрушающего контроля.

Для проведения исследований были изготовлены образцы из смеси порошков Al с одним весовым процентом AlB_{12} , приготовленной размешиванием насухо или в спирте. Смеси подвергались спеканию электрическим током при разных режимах. Для сравнения были изготовлены образцы из чистого порошка Al и чистого AlB_{12} , которые спекали в тех же условиях, а также образец из чистого порошка Al, спеченный при температуре плавления. Готовые образцы имели вид не идеальной шайбы размерами $\sim 6 \times 10$ мм.

В образцах методом радиоимпульса с дискретной задержкой [2] при ударном возбуждении преобразователя [3] на частоте 5 МГц была измерена скорость распространения упругой волны. По результатам измерений в соответствии с [4] определён и по рекомендациям [5] приведен к беспористому состоянию эффективный модуль упругости. Полученные результаты представлены на рис.

Из рис. а видно, что время спекания увеличивает значение модуля упругости как для чистого спеченного алюминия, так и для смеси. Точка, соответствующая времени спекания 60 с, выпадает из общей зависимости ввиду низкой пористости полученного материала. В остальных случаях добавка гексаборида алюминия приводит к увеличению значений модулей упругости, причём, если перемешивание производят в спирте, то это увеличение больше. Для всех материалов величины модулей занижены из-за пористости и даже не достигают значения плавленого порошка алюминия. Расчётное приведение модулей к беспористому состоянию (рис. б) указывает на возможность повышения значения модулей упругости пропорционально величине пористости.

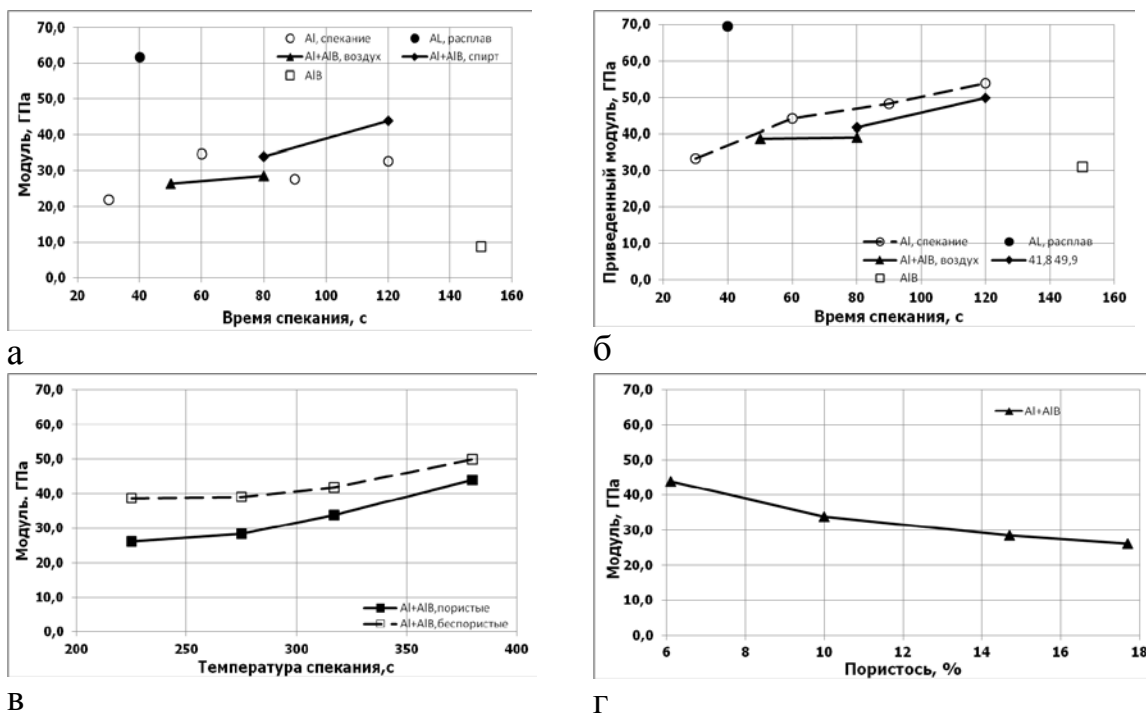


Рисунок 1 – Зависимости модуля упругости (а, в, г) и приведенного модуля упругости (б, в) от параметров спекания (а-в) и пористости (г) материалов

Из рис. в видно, что повышение температуры спекания увеличивает значения модулей смеси как измеренных, так и приведенных. Рис. г демонстрирует влияние пористости на полученные значения модулей упругости в смеси.

Таким образом, материалы, полученные по порошковой технологии методом спекания электрическим током, пока существенно отстают по критерию модуля упругости от литых материалов. Одной из главных причин такого отставания является наличие значительной остаточной пористости.

Список литературы

1. Бориды алюминия [Текст] / П.С.Кислый, В.А.Неронов, Т.А. Прихна, Ю.В. Бевза. – Киев : Наукова думка, 1990. – 192 с.
2. Труэлл Р. Ультразвуковые методы в физике твердого тела [Текст] / Труэлл Р., Эльбаум Ч., Чик Б. – М. : Мир, 1972. – 302 с.
3. Неразрушающий контроль [Справочник: в 7 т.] / под общ.ред. В.В.Клюева. Т. 3:[И.Н.Ермолов, Ю.В.Ланге]. Ультразвуковой контроль. – М. : Машиностроение, 2004. – 864 с.
4. Безмянный Ю.Г. Акустическое отображение материалов с развитой мезоструктурой [Текст] / Безмянный Ю.Г. // Акустичний вісник. – 2006. –Т. 9, № 2. – С. 3-16.
5. Роман О.В. Ультразвуковой и резистометрический контроль в порошковой металлургии [Текст] / Роман О.В., Скороход В.В., Фридман Г.Р. – Минск : Вышэйш. шк., 1989. – 182 с.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ МОДУЛЕЙ УПРУГОСТИ В ОБРАЗЦАХ МАТЕРИАЛОВ РАЗНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Безымянный Ю.Г., Козирацкий Е.А., Вдовиченко А.В., Евич Я.И.
*Институт проблем материаловедения им. И.Н.Францевича НАН
Украины, г.Киев, 03142, ул.Кржижановского, 3, bezimnyi@i.com.ua*

Создание новых материалов требует формирования в них желаемых свойств. Важными механическими свойствами любого материала являются его характеристики упругости. Отработка технологии создания материала по критерию достижения определённых величин модулей упругости предполагает измерение этих характеристик в большом количестве образцов. В зависимости от технологии изготовления геометрия образцов может сильно отличаться (таблетки, диски, цилиндры, параллелепипеды с различными размерами) и не всегда позволяет применять стандартизованные классические методы определения характеристик упругости. Использование разных методов и методик оценки модулей упругости, тем более для разной геометрии образцов, как правило, приводит к неодинаковым результатам. Возникает задача выбора метода измерения для конкретного типоразмера образца материала, позволяющего получить корректные результаты и обеспечить минимальные затраты на проведение испытаний [1].

В работе проведен сопоставительный анализ наиболее широко используемых методов измерения характеристик упругости: статического, основанного на четырёхточечном изгибе [2] (ч), и трёх динамических: импульсного [3] (и), резонансного [3] (р), и резонансной спектроскопии [4] (рс). В качестве исследуемого материала выбрано органическое стекло как представитель классической однородной изотропной твёрдой среды, применяемое в акустике для эталонных измерений [5].

Для исследований были изготовлены 14 типоразмеров образцов. Формы образцов приведены на рис. 1, а размеры – в табл. 1. Для сравнения взят стандартный образец МД19-0-1 [6]. Следует особо отметить, что каждый из исследуемых методов для достижения корректных результатов требует квалифицированного применения.



Рисунок 1 – Формы образцов:

а – прямоугольный параллелепипед с квадратным сечением; б, в – цилиндры

Таблица 1 – Размеры образцов для исследований

№ п/п	Форма	l, мм	h, мм	d, мм
1-6	а	30; 40; 60	6; 12	-
7-11	б	-	12; 20; 40; 60; 120	12
12-14	в	20; 40; 60	-	6
15	МД19-0-1	-	60	-

Возможности методов и их ограничения относительно типоразмеров образцов, измеряемых характеристик и точности измерений приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Сопоставление возможностей методов

Метод	Требования к материалам	Доступные типоразмеры образцов	Измеренные модули, ГПа	
			Юнга	Сдвига
И	Отсутствуют	1-15	3,96±0,02	1,44±0,02
Р	Невысокое демпфирование	2, 3, 11, 13, 14	3,72±0,02	-
РС	Малое демпфирование	7, 8	3,91±0,02	1,45±0,02
Ч	Отсутствуют	2	2,87±0,065	-

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы: все методы позволяют достигать высокой точности определения модулей упругости; импульсный метод является наиболее универсальным относительно материалов, типоразмеров образцов и количества измеряемых модулей; динамические методы на модельных образцах дают близкие по величине адиабатические модули упругости; величина изотермического модуля Юнга, полученная статическим методом существенно ниже, что легко подтверждается теоретическими расчётами в соответствии с [7].

Список литературы

1. Подрезов Ю.Н. Механические свойства [Текст] // Неорганическое материаловедение [Энциклопед. изд.: в 2 т.] / под ред. В.В.Скорехода, Г.Г.Гнесина. – Т.1: Основы науки о материалах. – Киев: Наукова думка, 2008. – С.925-956.
2. Шапошников Н.А. Механические испытания металлов [Текст] / Н.А.Шапошников. – Москва : Машгиз., 1954г. – 405с.
3. Францевич И.Н. Упругие постоянные и модули упругости металлов и неметаллов. [Справочник] / Францевич И.Н., Воронов Ф.Ф., Бакута С.А. – К. : Наукова думка, 1982. – 285с.
4. R.G Leisure, F.A Willis. Resonant ultrasound spectroscopy // J. Phys.: Condens. Matter. – 1997. – V.9. – P. 6001 – 6029.
5. Неразрушающий контроль. [Справочник: В 7 т.] / под общ. ред. В.В.Клюева. Т.3: И.Н.Ермолов, Ю.В.Ланге. Ультразвуковой контроль. – М. : Машиностроение, 2004. – 864 с.
6. Комплект отраслевых стандартных образцов КМД10-0 стекло орг. ТОСПЦЮ2.706.011.
7. Ландау Л.Д. Теория упругости [Текст] / Ландау Л.Д., Лившиц Е. М. – М., 1965. – 248 с.

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ НАБОРІВ ДЕФЕКТОСКОПІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Глоба С. М.¹⁾, Ігнатова О. М.²⁾, Клещевников Д. А.³⁾, Вусик М. М.³⁾, Штих О. О.³⁾

¹⁾ НТУ "ХПІ", кафедра "Прилади і методи неруйнівного контролю", вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, sngloba@gmail.com, http://web.kpi.kharkov.ua/pmknk/uk/globa_ukr/

²⁾ НВП "Інтертек", к.т.н., директор, просп.50-річчя СРСР, 171, Харків, Україна, 61060, ien@intertek.com.ua

³⁾ НТУ "ХПІ", кафедра "Прилади і методи неруйнівного контролю", вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002

Актуальність дослідження. Одним з найбільш розповсюдженим методом неруйнівного контролю поверхневих дефектів є капілярні методи (міжнародна аббревіатура РТ – Penetrant Testing). РТ дозволяє діагностувати об'єкти будь-яких розмірів і форм, які виготовлені з чорних і кольорових металів, сплавів, пластмас, скла, кераміки, а також інших твердих неферромагнітних матеріалів, починаючи від корпусу ракети і закінчуючи мініатюрною лопаткою турбореактивного двигуна, які мають дуже складну форму і виконані з немагнітних матеріалів. І тільки капілярні методи забезпечують повний контроль всій поверхні лопатки, гарантуючи безпечну роботу авіадвигуна і всього літального апарату [1–3]. А вибір необхідних зручних наборів дефектоскопічних матеріалів є важливою умовою для забезпечення високої якості контролю промислових об'єктів на наявність поверхневих дефектів для забезпечення потрібної чутливості контролю.

Основна частина. В роботах [4–5] детально описано капілярний контроль поверхневих дефектів деталей кольоровим методом і особливості проведення технологічних операцій капілярного контролю показано, що дає можливість визначитись з вибором наборів дефектоскопічних матеріалів у лабораторних і польових умовах контролю, що надає суттєвий вплив на якісні результати контролю поверхневих дефектів ОК згідно умов контролю та забезпечення встановленої чутливості.

Капілярні методи [2] засновані на капілярному проникненні індикаторних рідин (пенетрантів) у порожнини поверхневих і наскрізних дефектів (несуцільностей) матеріалу ОК та реєстрації індикаторних слідів (рисуноків), що утворюються, візуальним способом або за допомогою приладу для виявлення невидимих або слабовидимих неозброєним оком поверхневих та наскрізних дефектів (тріщин, пор, раковин, непроварів) в ОК, визначення їх розташування, протяжності та орієнтації по поверхні. Необхідною умовою виявлення дефектів типу порушення суцільності матеріалу капілярними методами є наявність порожнин, які вільні від забруднень та інших речовин, що мають вихід на поверхню ОК і глибину

поширення, що значно перевищує ширину їх розкриття [1, 2]. Капілярні методи знаходять широке застосування в енергетиці, авіації, ракетній техніці, суднобудуванні, хімічній промисловості, в машинобудуванні, медицині.

Встановлено [1–3], що по чутливості згідно вітчизняного класу:

- по класу 1 (ширина розкриття дефектів менше ніж 1 мкм) контролюють лопатки турбореактивних двигунів, ущільнювальні поверхні клапанів і їх гнізд, металеві прокладки ущільнювачів фланців та ін;
- по класу 2 (ширина розкриття дефектів 1–10 мкм) перевіряють корпуси та антикорозійні наплавлення реакторів, основний метал і зварні з'єднання трубопроводів, деталі підшипників;
- по класу 3 (ширина розкриття дефектів 10–100 мкм) перевіряють кріплення ряду об'єктів;
- по класу 4 (ширина розкриття дефектів 100–500 мкм) – товстостінне лиття.

Залежно від конфігурації та форми виробу ОК (ступеня складної геометрії поверхні ОК, складного доступу до поверхні ОК в різноманітних умовах та ін.), можуть бути запропоновані декілька способів нанесення дефектоскопічних матеріалів: зануренням виробу у ванну або аерозольним розпиленням з повітряних розпилювачів. Залежно від необхідної продуктивності і ваги виробу ОК, може бути запропонована різна ступінь автоматизації ділянок контролю: від монолітних постів контролю до автоматизованих ліній замкнутого циклу транспортування виробів.



Рис. 1 – Аерозольний комплект-набір дефектоскопічних матеріалів "OVERCHECK" GMBH



Рис. 2 – Аерозольний комплект-набір дефектоскопічних матеріалів "MR-CHEMIE" GMBH

На рисунках 1–3 представлені використані в результаті теоретичних і експериментальних досліджень сучасні набори дефектоскопічних матеріалів "MR-CHEMIE" GMBH, "OVERCHECK" GMBH, NORD-TEST "HELLING" GMBH. За результатами накопиченого дослідження наших випускників кафедри приладів і методів неруйнівного контролю, що мають дуже великий досвід і працюють фахівцями з неруйнівного контролю більше 10 років, саме широке застосування у лабораторних і польових умовах на практиці знайшли наступні сучасні набори дефектоскопічних матеріалів: "MR-CHEMIE" GMBH; "OVERCHECK" GMBH; NORD-TEST

"HELLING" GMBH (Німеччина). Рисунок 3 демонструє повний комплект для кольорової дефектоскопії NORD-TEST "HELLING" GMBH, який дуже зручно використовувати у польових умовах.



Рис. 1 – Комплект NORD-TEST "HELLING" GMBH

Висновки. Таким чином, маючи високу чутливість, капілярні методи контролю не вимагають складних і дорогих технічних засобів, є зручними в переносці при розміщенні набору дефектоскопічних матеріалів у невеликому кейсі, технологія капілярного контролю порівняно проста та дефектоскопічні матеріали цілком доступні, а перевірка на наявність поверхневих дефектів у виробках складної геометричної форми показала широке застосування капілярних методів контролю в усіх галузях машинобудування [1–5].

В результаті проведення наукових досліджень у лабораторних і польових умовах в роботі були детально дослідженні кольоровий та флуоресцентний капілярні методи контролю на конкретних зразках ОК, був проведений контроль із використанням сучасних зарубіжних наборів дефектоскопічних матеріалів ("MR-CHEMIE" GMBH, "OVERCHECK" GMBH, "HELLING" GMBH) та зроблені висновки щодо доцільності їх використання.

Список литературы

1. Неразрушающий контроль: [Справочник: В 8 т.] / под общ. ред. В. В. Клюева. Т. 4: В 3 кн. Кн. 3: М. В. Филинов. Капиллярный контроль. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 736 с.
2. Глоба С. Н. Капиллярный неразрушающий контроль. Чувствительность и оценка результатов контроля: [Учебн.-метод. пособие] / С. Н. Глоба, Б. М. Горкунов. – Х: НТУ"ХПИ", 2005. – 72 с.
3. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования : ГОСТ 18442-80. – Изд. офиц. – М. : Гос. комитет СССР по стандартам, 1981. – 56 с. – (Межгосударственный стандарт).
4. Глоба С. Н. Контроль поверхностных дефектов деталей капиллярным цветным методом / С. Н. Глоба, Ю. В. Хомяк, С. П. Зубенко // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Х. : НТУ "ХПИ", 2008. – № 48. – С. 132-137.
5. Глоба С. Н. Особенности проведения капиллярного метода неразрушающего контроля / С. Н. Глоба, Н. Ф. Хорло, С. В. Стороженко // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Х. : НТУ "ХПИ", 2010. – № 12. – С. 122-127.

МОДЕЛЮВАННЯ НАКЛАДНОГО ВИХРОСТРУМОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ КОНТРОЛЮ МЕТАЛОВИРОБІВ

Глоба С. М.¹⁾, Семенов С. Г.²⁾, Хомяк Ю. В.³⁾, Слободчук А. Ю.⁴⁾,
Акулов С. О.⁵⁾

- ¹⁾ НТУ "ХПІ", кафедра "Прилади і методи неруйнівного контролю", вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, sngloba@gmail.com, http://web.kpi.kharkov.ua/pmnk/uk/globa_ukr/ ;
- ²⁾ НТУ "ХПІ", кафедра "Обчислювальна техніка та програмування", вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, s_semenov@ukr.net, http://web.kpi.kharkov.ua/vtp/uk/semenov_ukr/ ;
- ³⁾ НТУ "ХПІ", кафедра "Прилади і методи неруйнівного контролю", вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, homyak-yv@mail.ru
- ⁴⁾ НТУ "ХПІ", кафедра "Прилади і методи неруйнівного контролю", вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, slobodchuk_ay@mail.ru
- ⁵⁾ НТУ "ХПІ", кафедра "Прилади і методи неруйнівного контролю", вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, akulovkontakt@yandex.ua

Актуальність дослідження. Серед найпоширеніших методів виявлення поверхневих дефектів є метод вихрострумове (ВС) контролю, який частіше використовується для неруйнівного контролю (НК) в авіації, суднобудуванні, залізничному транспорті, нафтогазових галузях і багатьох інших [1, 5, 6]. ВС метод має особливості при використанні, що свідчать про особливості контролю та моделюванні різноманітних ВС перетворювачів. Саме недоліки ВС методу можуть знизити надійність контролю, які полягають у впливі на результати контролю зміни електропровідності, магнітної проникності, стану і структури поверхні та ін. Таким чином, на сучасному комп'ютеризованому етапі необхідно знайти оптимальне поєднання переваг і недоліків, виявити особливості проведення ВС контролю, і, як слідство, приділити увагу математичному та комп'ютерному моделюванню ВС перетворювачів для контролю металовиробів при вирішенні сучасних практичних задач ВС дефектоскопії.

Основна частина. В роботі [5] показано, що значну кількість недоліків традиційних ВС методів можливо виключити при використанні вихрострумів перетворювачів трансформаторного типу з двома котушками без осердя. Особливості конструкції вихрострумове перетворювача (ВСП) є те, що площини збуджувальної котушки та реєструючої (вимірною) котушки повинні бути взаємно перпендикулярними, що дозволяє компенсувати суттєвий вплив на результати контролю первинного збуджувального поля.

Переваги і недоліки ВС методу контролю вже не раз відмічались у роботах [5, 6], що дає подальший розвиток цього напрямку дослідження

при вирішенні сучасних різнопланових практичних задач дефектоскопії та технічної діагностики промислових об'єктів.

Робочі ділянки котушок накладного ВСП розміщують на поверхні металовиробу. У збуджувальній котушці створюється змінний чи імпульсний високочастотний струм так, що у поверхневому шару металовиробу ОК формується вихровий струм. Взаємодія збуджувального електромагнітного поля та поля від вихрового струму приводить до виникнення ЕРС у реєструючій котушці ВСП, амплітуда якої залежить від багатьох параметрів і характеристик контролю.

Вираз для сигналів на виході накладного ВСП через магнітний потік $\Phi(t)$ має наступний вигляд [1]:

$$e(t) = - W_p \cdot d\Phi(t)/dt = - U(t), \quad (1)$$

де $\Phi(t)$ – магнітний потік; $U(t)$ і $e(t)$ – напруга та ЕРС реєструючої котушки ВСП; W_p – кількістю витків реєструючої котушки ВСП.

Магнітний потік можна представити таким чином [1]:

$$\Phi(t) = B(t) \cdot S = \mu_0 \mu_r H(t), \quad (2)$$

де μ_0 – постійна магнітна проникність; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м; μ_r – магнітна проникність матеріала зразка ОК; $H(t)$ – напруженість магнітного поля; $B(t)$ – індукція магнітного поля; S – площа перетину зразка ОК.

Відмітимо, що визначення залежностей сигналів ВТП від параметрів дефектів ОК є однією з важливих задач дефектоскопії. Для оцінки взаємодії ВТП і ОК з поверхневою тріщиною застосовують різні сучасні розрахункові методи і моделі, які мають складний обчислювальний апарат при аналітичних і чисельних розрахунках. Це можуть бути моделі що базуються на використанні автоматних мереж, графові моделі та комбінаторні методи розрахунку, тензорні моделі, моделі та методи, що використовують апарат керованих випадкових процесів, а також теорії нелінійної динаміки та моделі, що побудовані на основі нейронних мереж або Fuzzy-логіки [2, 3]. Крім того, за останній час набули певного розвитку засоби вирішення оптимізаційних завдань, що формалізуються на основі цих моделей [4]. Це, передусім, аналітичні методи, методи математичного програмування, евристичні методи та ін.

Усестороннє дослідження ВС методу контролю, побудова залежностей та розрахунок вихідних параметрів ВТП можливо лише за допомогою фізико-математичних моделей з використанням високоефективних сучасних ПК для отримання важливих залежностей корисного сигналу від геометричних параметрів ВТП і дефекту ОК.

Висновки. В результаті аналізу сучасних підходів моделювання накладного ВСП трансформаторного типу, опублікованих в даному напрямку наукових праць [5, 6] з теорії та практики математичного та комп'ютерного моделювання вихроstromової дефектоскопії, можливо відмітити наступне:

1. Дослідження основних підходів моделювання накладного ВТП для контролю металовиробів показали, що більшість цих моделей не враховують можливості суб'єктів (об'єктів) зовнішніх впливів щодо зміни конфігурації або параметрів об'єкту дослідження. Це може призвести до зміни ідентифікаційних властивостей і, як граничний випадок, до повної непридатності тієї або іншої моделі щодо опису відношень суб'єкт (об'єкт) – об'єкт у системі, що піддається змінам.

2. На результати ВС контролю металовиробів на наявність дефектів, а також на чутливість контролю, впливає відома величина та частота струму в збуджувальній котушці ВСП. Таким чином, можливо суттєво вирішувати конкретні практичні задачі ВС контролю різнопланових металовиробів на наявність дефектів. При цьому можна змінювати чутливість ВСП у різних діапазонах вимірюваних параметрів.

3. Математичне та комп'ютерне моделювання накладного ВСП має перспективні напрямки подальших досліджень, які не потребують багато зусиль та полягають у знаходженні можливого розподілу електромагнітного поля в заданій розрахунковій області при заданих граничних умовах.

Список літератури

1. Неразрушающий контроль. Вихретоковый контроль [Справочник: В 7 т. Т. 2: В 2 кн. Книга 2] / под общ. ред. В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 2003. – 688 с.

2. Бодянский Е. В. Нейро-фаззи сети Петри в задачах моделирования сложных систем: [монография (научное издание)] / Е. В. Бодянский, Е. И. Кучеренко, А. И. Михалев. – Дніпропетровськ : Системні технології, 2005. – 311 с.

3. Семенов С. Г. Методика математического моделирования защищенной ИТС на основе многослойной GERT-сети [Текст] / С. Г. Семенов // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Х.: НТУ "ХПІ", 2012. – № 62 (968). – С. 173-181.

4. Пантелеев А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах [Текст] / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. – М.: Высшая школа, 2002. – 544 с.

5. Глоба Светлана. Применение моделирования в вихретоковой дефектоскопии [Текст] / Светлана Глоба, Григорий Сучков, Юрий Хомяк, Юрий Хорошайло, Антон Слободчук // Proceeding of 24th National Scientific Symposium with International Participation "METROLOGY AND METROLOGY ASSURANCE 2014", September 07–11, 2014, Sozopol, Bulgaria. – P. 139-143.

6. Распределение плотности вихревых токов в металлическом образце, возбуждаемых полем линейного тока [Текст] / [Г. М. Сучков, Ю. В. Хомяк, С. Н. Глоба, А. Ю. Слободчук] // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Х.: НТУ "ХПІ", 2014. – № 44 (1087). – С.170-175.

МНОГОПАРАМЕТРОВЫЙ ВИХРЕТОКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Горкунов Б.М., Сиренко Н.Н., Тищенко А.А., Шибан Тамер
НТУ "ХПИ", ул. Фрунзе, 21, Харьков, 61002, e-mail: ant_31@mail.ru

Воздушные линии (ВЛ) являются одними из базовых элементов электроэнергетической системы (ЭЭС). Режимы работы ВЛ зависят как от места расположения их в ЭЭС, так и от изменения погодных условий, что отражается на режимах работы ЭЭС в целом. А поскольку погодные условия изменяются, то необходимо получать и корректировать данные о текущем состоянии ВЛ в режиме реального времени, что позволит оптимизировать использование их реальной пропускной способности.

В настоящее время особый практический интерес представляет развитие многопараметровых методов измерений, которые позволяют получать наиболее полную информацию об исследуемом объекте. В этой связи неоспоримые достоинства имеют вихретоковые методы и устройства, выходные сигналы которых, зависят от многих параметров объекта контроля и характеристик преобразователя. В перспективном плане для многопараметрового контроля практический интерес представляет использование электромагнитных преобразователей с пространственно-периодическими полями [1]. Основное достоинство этих преобразователей состоит в том, что при работе на одной фиксированной частоте они позволяют осуществлять многопараметровый контроль за счет использования определенного числа отдельных пространственных гармоник зондирующего поля.

Отметим, что если рассматривается система из двух проводников ($m = 2$), то магнитное поле складывается из четных гармоник, а при $m = 3$ поле содержит третью, шестую, девятую и т.д. гармоники. Используя комбинации отдельных намагничивающих систем с чередующимися и однонаправленными токами в проводниках можно выделить сумму двух требуемых преобладающих пространственных гармоник.

На рис. 1 а–в показана комбинация двух обмоток, которые образуют намагничивающую систему, условно названную "1+2". Обмотка, имеющая радиус $a_{н2}$, создает поле с преобладающей 1-й пространственной гармоникой, а обмотка, размещенная на радиусе $a_{н1}$, возбуждает поле с преимущественной 2-й гармоникой.

В работе [2] показано, что для определения трех параметров: радиуса изделия a , относительной магнитной проницаемости μ_r , удельной электрической проводимости σ нужно использовать две какие-либо пространственные гармоники поля. С точки зрения достижения высокой чувствительности и точности измерений в намагничивающей системе с

одним возбуждающим полюсом (см. рис. 1) лучше выделять 1-ю и 2-ю гармоники [3].

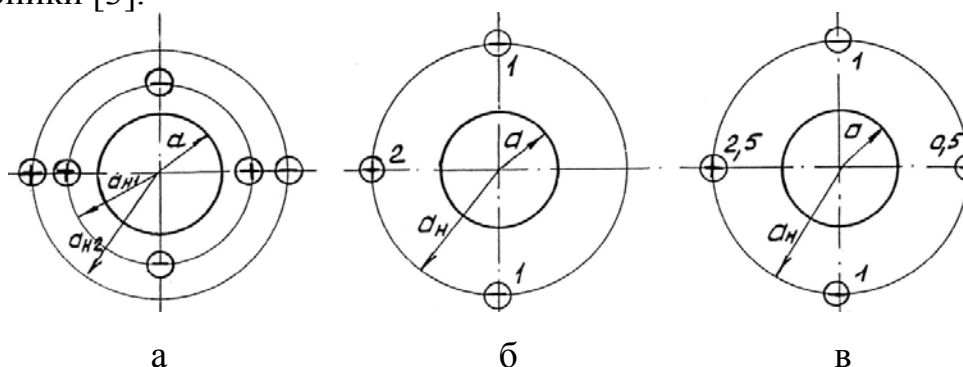


Рисунок 1 – Комбинированная намагничивающая система "1+2"

Для упрощения многопараметровых измерений необходимо ввести безразмерные параметры: $N_{BH}^{(1)}$ и A_{21} [2], которые дают возможность построить универсальные зависимости $A_{21} = f(\text{tg } \varphi_{BH}^{(1)}, \mu_r)$; $\text{tg } \varphi_{BH}^{(1)} = f(\mu_r, x)$; $N_{BH}^{(1)} = f(\mu_r, x)$, связывающие сигналы преобразователя и характеристики изделия.

Порядок измерительных и расчетных операций при определении трех параметров следующий. По измеренным значениям амплитуд вносимых составляющих ЭДС 1-й и 2-й пространственных гармоник при наличии и отсутствии изделия в преобразователе, а также значениям фазы 1-й гармоники находят параметр A_{21} и, используя зависимость $A_{21} = f(\text{tg } \varphi_{BH}^{(1)}, \mu_r)$, определяют величину μ_r . Затем, исходя из функции $\text{tg } \varphi_{BH}^{(1)} = f(\mu_r, x)$, получают значение обобщенного параметра x , после чего из зависимости $N_{BH}^{(1)} = f(\mu_r, x)$ находят величину a при заданном значении радиуса преобразователя a_n . Зная параметры a , μ_r и x определяют величину σ из выражения $x = a\sqrt{\mu_0\mu_r\sigma\omega}$, где μ_0 – магнитная постоянная ($4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м); ω – циклическая частота.

Список литературы

1. Многопараметровый электромагнитный метод контроля цилиндрических токопроводов [Текст] / Горкунов Б.М., Львов С.Г., Горкунова И.Б., Шахин И.Х. // Энергосбережение Энергетика Энергоаудит, спец. выпуск. – Харьков : Т. 2. – 2013. – № 8(114).– С.140-144.
2. Multiparameter electromagnetic sensors for information systems of control and management / Gorkunov B., Tyshchenko A., Gorkunova I., Vu Suan Vuong // Electrotechnic and computer systems. – 2015. – No.19(95). – P.129-137.
3. А.С. 1287067 (СССР) Способ бесконтактного измерения параметров цилиндрических проводящих изделий. / Б.М. Горкунов.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТОПОРОШКОВОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

Копотун Л.Р., Рахмонов Р.Х., Львов С.Г.

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

Магнітопорошковий метод призначений для виявлення поверхневих і підповерхневих (на глибині до 1,5-2 мм) дефектів типу порушення суцільності матеріалу виробу: тріщини, волосовини, розшарування, непровар стикових зварних з'єднань, закатів. Магнітний потік у бездефектної частини виробу не змінює свого напрямку, якщо ж на його шляху зустрічаються ділянки із зниженою магнітною проникністю, наприклад дефекти у вигляді розриву суцільності металу, то частина силових ліній магнітного поля виходить з деталі назовні і входить у неї назад, при цьому виникають місцеві магнітні полюси і, як наслідок, магнітне поле над дефектом. Так як магнітне поле над дефектом неоднорідне, то на магнітні частинки, що потрапили в це поле, діє сила, прагнуча затягнути частинки в місце найбільшої концентрації магнітних силових ліній, тобто до дефекту. Частинки в області поля дефекту намагнічуються і притягуються один до одного як магнітні диполі під дією сили так, що утворюють ланцюгові структури, орієнтовані по магнітним силовим лініям поля[1-3].

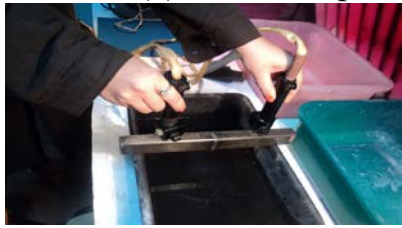
Цим методом можна контролювати виробу будь-яких габаритних розмірів і форм, якщо магнітні властивості матеріалу виробу (відносна максимальна магнітна проникність не менше 40) дозволяють намагнічувати його до ступеня, достатньої для створення поля розсіювання дефекту, здатного притягати частинки феромагнітного порошку.

Магнітопорошковий контроль проводиться за технологічними картами згідно ГОСТ 3.1102-81 і ГОСТ 3.1502-85, в яких зазначаються: найменування виробу (вузла), найменування та номер деталі, ескіз деталі із зазначенням габаритних розмірів, зона контролю, спосіб контролю, вид і схема намагнічування, значення намагнічуваного струму або напруженості магнітного поля, засоби контролю (апаратура, дефектоскопічні матеріали), норми на відбраковування [4].

Для проведення контролю взятий фрагмент трубопроводу зі стиковим зварним швом (С17), матеріал – сталь 20, з розмірами деталі: L=300мм, Н=38 мм. Було здійснено поетапне проведення технологічних операцій магніто-порошкового контролю.

Контрольована поверхня перед проведенням контролю повинна бути оглянута на предмет придатності до проведення контролю. Контрольовані поверхні повинні бути очищені від забруднень, жирів, мастил, окалин, що відшаровується, зварювальних бризок, товстих шарів фарби, порушеного покриття.

Намагнічування деталі (див. рис. 1) проводиться із застосуванням електроконтактів (а) або електромагніта (б).



а)



б)

Рисунок 1– Намагнічування ОК

Після цього здійснюється нанесення на поверхню деталі магнітного індикатора і проводиться огляд деталі та розшифровка індикаторного рисунка (рис. 2).



Рисунок 2 – Результати проведення магнітопорошкового контролю фрагмента трубопроводу

Виявлення та реєстрація виявлених індикацій заноситься в протокол контролю. Виконується перевірка відповідності нормам якості знайдених індикацій згідно НПАОП-0.00-1.11-98 – «Правила будови і безпечної експлуатації трубопроводів пари і гарячої води» [5].

В результаті проведення контролю були виявлені індикації осадження порошку MR-210. На основі параметрів цих індикацій за результатами контролю – об'єкт не придатний до подальшої експлуатації.

Список літератури

1. Альошин Н.П. Контроль якості зварювальних робіт [Текст] / Альошин Н.П., Щербинский В.Г. – М. : Вища школа, 1986. – 207 с.
2. Ключев В.В. Неруйнівний контроль і діагностика [Текст] / Ключев В.В. – М. : Машиностроение, 2004. – 864 с.
3. Патон Б. Є. Неруйнівний контроль в Україні [Текст] / Патон Б. Є., Троїцький В. О., Посипайко Ю. М. // Інформ. бюл. Українського товариства неруйнівного контролю та технічної діагностики. – 2003. – №2(18). – С. 5-9.
4. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод : ГОСТ 21105-87. – Изд. офиц. – М. : Гос. комитет СССР по стандартам, 1988. – 74 с. – (Межгосударственный стандарт).
5. Правила будови і безпечної експлуатації трубопроводів пари і гарячої води : НПАОП-0.00-1.11-98. Офіц. вид. – К. : Міністерство праці та соціальної політики України.

ДОСЛІДЖЕННЯ ХРОМАТОГРАФІЧНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ

Степанова А. Д., Кравченко Є. В., Львов С.Г.

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут, вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

Хроматографія на сучасному етапі свого розвитку забезпечила собі першорядне положення в аналітичному контролі. Вона застосовується в першу чергу в хімічній промисловості, в нафтохімії і при виробництві пластмас. Крім того, також знаходить собі застосування, наприклад, в сталеливарній промисловості, при переробці природного газу, в ядерних реакторах і т.п.

В аналітичному відношенні хроматографія знаходиться в одному ряду з інфрачервоною і мас-спектрометрією, але випереджає їх за своєю простотою і доступністю приладів. Вона повністю замінює аналітичну дистиляцію, причому результати видаються приблизно в 10-100 разів швидше [1].

Хроматографи ділять на дві великі групи – газові та рідинні, за типом використовуваного елюенту. У рідинній хроматографії носієм є рідина. Принцип рідинної хроматографії полягає в розділенні компонентів суміші, заснованому на розходженні в рівноважному розподілі їх між двома фазами, що не змішуються. Одна з яких нерухома, а інша рухома. Рідинні хроматографи застосовуються для аналізу біологічних і фізіологічних розчинів, лікарських препаратів. Якщо рухлива фаза є рідиною, то аналізуються тверді або рідкі речовини, розчинені в рухомій фазі [2].

Відмінною особливістю газової хроматографії від інших методів хроматографічних розділень є те, що використовувана рухлива фаза повинна обов'язково знаходитися в газоподібному стані і виконувати роль газу-носія, що переміщує розділені з'єднання по колонці. В якості газів-носіїв можуть бути використані індивідуальні гази, газоподібні сполуки або суміші газів і газоподібних сполук [3-6].

У газових хроматографах елюентом є інертний газ (водень, гелій, неон, аргон). Якщо елюент – газ, то аналізована речовина повинна бути теж у вигляді газу або пари.

Структурна комбінована схема газового хроматографа складається з наступних елементів (рис.1.): 1 – балон зі стисненим газом-носієм; 2 – стабілізатор витрат; 3 – вимірювач витрат; 4 – дросель; 2-4 – блок підготовки газів; 5 – дозатор-випарник; 6 – розділювальна хроматографічна колонка; 7 – термостат; 8 – мікрошприц; 9 – терморегулятор; 10 – блок програмування температур; 11 – детектор; 12 – блок живлення детектора; 13 – підсилювач; 14 – вторинний самозаписуючий прилад; 15 – інтегратор; 16 – пристрій для друкування хроматограм.

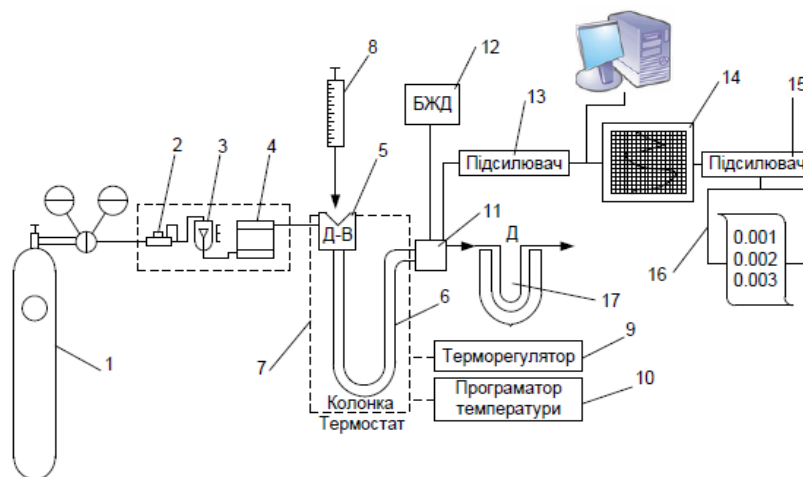


Рисунок 1 – Схема комбінована структурна газового хроматографа

Хроматографічні методи аналізу мають ряд переваг, що дозволяють використовувати ці методи і при виробничому контролі. Хроматографи відрізняються надійністю, а вимоги до їх експлуатації порівняно невисокі. Вони мають широке застосування, точність близько $\pm 3\%$ (точність класичних аналітичних методів складає близько $\pm 1,5\%$).

Основним недоліком варіанту газо- рідинної хроматографії є можлива висока летючість і, отже, нестабільність рідких фаз, що ускладнює аналіз мікродомішок, аналіз при високих температурах, аналіз з програмуванням температури. Массоперенос в рідинній системі протікає відносно повільно і зазвичай визначає швидкість сорбційних процесів. Це, ймовірно, найбільший недолік, властивий методу рідинної хроматографії в цілому.

Хроматографія розвивається дуже швидко. Насамперед виявляється прагнення до прискорення аналізу, до поліпшення розділової здатності колонок, більш точної обробці хроматограм і вдосконалення окремих функціональних вузлів хроматографів.

Список літератури

1. Айвазов Б.В. Введение в хроматографию [Текст] / Айвазов Б.В. – М. : Высшая школа, 1983. – 240 с.
2. Аналітичні екологічні прилади та системи: монографія [Текст] / під заг. ред. В. А. Порєва. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. –336 с.
3. Грушка Э. Количественный анализ хроматографическими методами [Текст] / Грушка Э. – М. : Мир, 1990. – 320 с.
4. Лурье А.А. Хроматографические материалы: справочник [Текст] / Лурье А.А. – М. : Химия, 1978. – 440 с.
5. Экспериментальные методы адсорбции и молекулярной хроматографии [Текст] / под ред. Ю.С. Никитина, Р.С. Петровой [2-е изд.]. – М. : Изд-во МГУ, 1990. – 316 с.
6. Гуревич А.Л. Автоматический хроматографический анализ [Текст] / Гуревич А.Л. и др. –Л. : Химия, 1980. – 192 с.

ЭМА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ТОЛЩИНОМЕРА, НЕ ТРЕБУЮЩИЙ КАЛИБРОВКИ

Сучков Г.М., Тараненко Ю.К., Десятниченко А.В.

*Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

Для определения толщины металлоизделий широко применяют приборы с электромагнитно-акустическими преобразователями (ЭМАП) [1-2]. Особенно эффективны ЭМАП при контроле изделий с диэлектрическими покрытиями (краска, пластик и т.д.) [3]. В то же время часто возникают проблемы связанные с толщинометрией эксплуатируемых изделий, например труб, скорость распространения ультразвуковых колебаний в материале которых неизвестна. Возникает необходимость в разработке ЭМАП, который не требует калибровки.

Решение такой технической задачи возможно за счет одновременного возбуждения сдвиговых и продольных импульсов в одном и том же объеме контролируемого изделия. Для реализации указанного

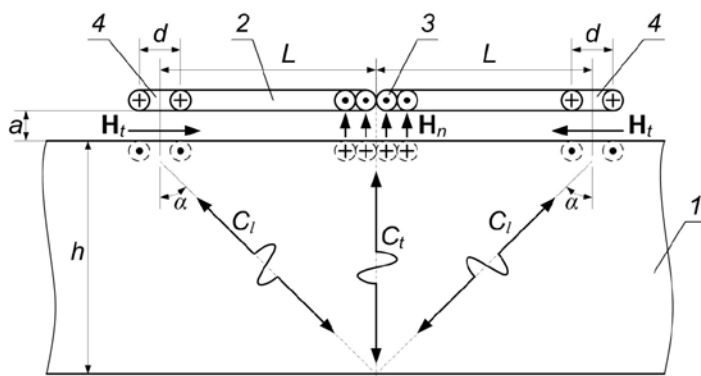


Рисунок 1 - Схема одновременного возбуждения в объеме образца импульсов продольных и сдвиговых колебаний

положения разработана следующая схема, рис.1.

По схеме над электропроводным образцом 1 толщиной h располагается индуктор 2 с центральной частью проводников 3 и двумя одинаковыми симметрично расположенными периферийными частями проводников 4. Индуктор 2 располагается над образцом 1 на расстоянии a от его поверхности. Проводники 3 центральной части индуктора 2 укладываются вплотную друг к другу. Проводники 4 периферийных частей индуктора 2 располагаются на расстоянии d друг от друга. Под центральной частью проводников 3 в поверхностном слое образца 1 формируется нормальное магнитное поле H_n . Под периферийными частями проводников 4 в поверхностном слое образца 1 формируется тангенциальное магнитное поле H_t , рис. 2. На рис. 2 штрихом обозначены зоны действия магнитного поля соответствующей направленности. При возбуждении в индукторе 2 высокочастотного импульсного тока под центральной частью проводников 3 в поверхностном слое образца 1 за счет взаимодействия нормального магнитного поля и наведенного высокочастотного вихревого тока возбуждаются ультразвуковые импульсы сдвиговых колебаний, распространяющихся вглубь материала перпендикулярно поверхности. Одновременно под периферийными частями проводников 4 в поверхностном слое образца 1 за счет

взаимодействия тангенциального магнитного поля и наведённого высокочастотного вихревого тока возбуждаются ультразвуковые импульсы продольных колебаний, распространяющихся вглубь материала под углом α к поверхности.

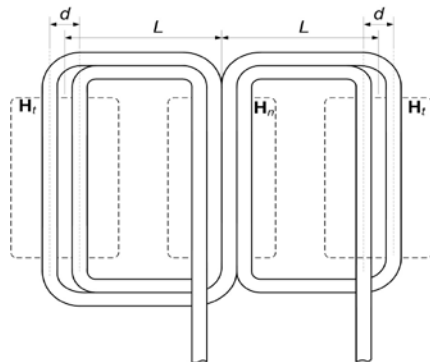


Рисунок 2 - Форма, расположение и размеры витков плоской катушки индуктора ЭМАП в местах формирования поляризующих магнитных полей

Для обеспечения формирования диаграммы направленности продольных волн под заданным углом α по отношению нормали к поверхности образца 1 необходимо выполнить условие $k\Delta = 2\pi n$ (2), где $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число для продольных упругих колебаний; $\Delta = d \sin \alpha$ – разность хода лучей от соседних проводников периферийной части витков индуктора; $\lambda = C_l / f$; n – целое положительное число; C_l – скорость распространения продольных колебаний в объеме образца 1; f – частота возбуждающего тока в катушке индуктора 2 (она же частота возбуждаемых упругих колебаний). Подставив в (2) соответствующие выражения получим связь между частотой возбуждаемых упругих

колебаний и углом ввода их в исследуемый материал при установленном конструктивном значении d и известном значении C_l , $\sin \alpha = n \cdot C_l / d \cdot f$ (3). Из (3) следует, что для управления углом ввода продольных ультразвуковых импульсов достаточно изменить частоту тока, возбуждаемого в катушке ЭМАП. Тогда, воспользовавшись [4] исходя из геометрических размеров ЭМАП, частоты ультразвуковых колебаний, времен прихода сдвиговых и продольных ультразвуковых импульсов, определенного угла ввода ультразвуковых лучей, а также учета, что $C_l = 2C_t$ легко определить толщину объекта контроля.

Список литературы

1. Сучков Г.М. Теория и практика электромагнитно-акустического контроля. Часть 3. Методы и средства повышения чувствительности ультразвукового контроля ЭМА способом: [монография] / Сучков Г.М., Петрищев О.Н., Хомяк Ю.В. – Х: «Щедра садиба плюс», 2015 – 124 с.
2. Сучков Г.М. Теория и практика электромагнитно-акустического контроля. Часть 4. Исследования возможностей ультразвукового контроля ЭМА способом [монография] / Сучков Г.М., Петрищев О.Н., Глоба С.Н. – Х: «Щедра садиба плюс», 2015 – 104 с.
3. Десятніченко О.В. Електромагнітно-акустичний товщиномір для контролю металовиробів з діелектричним покриттям. Автореф. дис. к.т.н., Х: «Моделіст», 2015, 20 с.
4. Неразрушающий контроль: [Справочник: в 8 т.] / под общ. ред. В.В. Клюева. Т.3: Ультразвуковой контроль [И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге]. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Тищенко А.А., Васильева Ю.С., Волокитина В.В.
НТУ "ХПИ", ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002
e-mail: yulia_nka@mail.ru

Научно-технический прогресс приводит к повышению требований к качеству и надежности промышленной продукции, которые могут быть обеспечены при условии применения эффективных систем контроля. В настоящее время ни один технологический процесс получения продукции не внедряется в промышленность без соответствующей системы неразрушающего контроля [1].

Весьма перспективным является применение электромагнитного метода неразрушающего контроля, который позволяет осуществлять контроль структуры материалов, обнаруживать структурные несплошности и дефекты, определять геометрические параметры изделия вне зависимости от внешних факторов. Благодаря своим достоинствам электромагнитный неразрушающий контроль достаточно успешно применяется в различных отраслях промышленности, требующих высокой точности и надежности проведения контроля [2]. Одна из особенностей электромагнитного метода заключается в том, что на сигналы преобразователей практически не влияют влажность, давление и загрязненность газовой среды, радиоактивное излучение, загрязнение поверхности объекта контроля непроводящими веществами.

При электромагнитной дефектоскопии сварных соединений существует задача оценки влияния неоднородности шва и околошовной зоны на результаты контроля, поскольку в выходном сигнале электромагнитного преобразователя содержится многопараметровая информация о геометрии контролируемого изделия, его электрических и магнитных свойствах, что существенно затрудняет идентификацию нужных нам параметров объекта контроля. При проектировании электромагнитных преобразователей для контроля качества сварных соединений под конкретные условия эксплуатации в расчетные соотношения закладываются геометрические параметры шва, а также электромагнитные характеристики шва и околошовной зоны.

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований магнитных характеристик сварного шва и околошовной зоны фрагмента трубы, выполненной из стали Ст.20, диаметром 76 мм. Сварное соединение выполнялось электродуговой сваркой. На рис. 1 представлено изображение фрагмента трубы со сварным швом, из которой были изготовлены кольцевые образцы одинакового размера $a=10$ мм с постепенным удалением от зоны сварного соединения, которые обозначены на схеме соответствующими цифрами 1, 2, 3, 4.

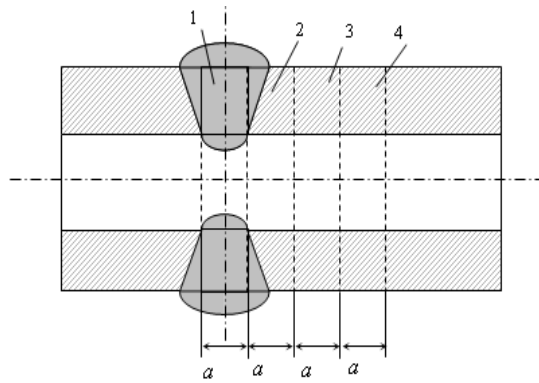


Рисунок 1 – Эскиз фрагмента трубы со сварным швом и околошовной зоной

На рис. 2 приведены графики зависимостей относительной магнитной проницаемости μ_r материала исследуемой трубы, сварного шва (зона 1), околошовной зоны (зона 2).

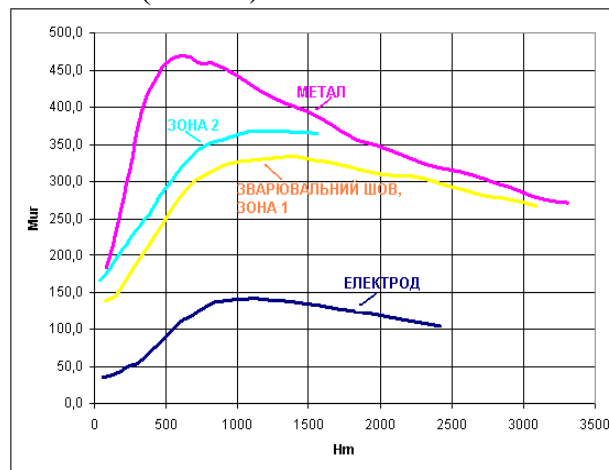


Рисунок 2 – Магнитные характеристики сварного шва, электрода и околошовной зоны

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что изменение μ_r в сварном шве относительно чистого металла составляет около 60%. Относительная магнитная проницаемость материала μ_r околошовной зоны зависит от степени удаления от сварного шва. Полученные данные необходимо учитывать при проектировании электромагнитных преобразователей для контроля состояния сварных соединений.

Список литературы

1. Патон Б.Е. Неразрушающий контроль качества в Украине [Текст] / Б.Е. Патон, В.А. Троицкий, Ю.Н. Посыпайко // Неруйнівний контроль та технічна діагностика – 2003: наук.-техн. конф., 19- 23 травня 2003р.: матер. конф. – К., 2003. – С. 11-14.
2. Бида Г.В. Магнитные свойства термоупрочненных сталей и неразрушающий контроль их качества [Текст] / Бида Г.В. – М. : Маршрут, 2006. – 350 с.

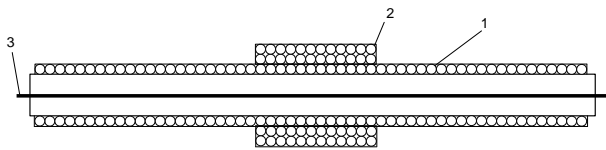
ДОСЛІДЖЕННЯ ФАЗОІМПУЛЬСНОГО ФЕРОЗОНДА

Хомяк Ю.В., Глоба С. М., Слободчук А.Ю., Самойлік Д. О.,
Адонін В. І.

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, homyak-uv@mail.ru

Ферозонди завжди представляли інтерес для технічних і наукових співтовариств, як практичний і зручний датчик для векторних вимірювань магнітного поля в діапазоні мікротесла, при кімнатній температурі, і вони знаходять застосування в таких областях, як космічна, геофізична розвідка та картографія, неруйнівний контроль, а також різні мілітариські застосування. В основному часто використовується принцип виявлення другої гармоніки вихідної напруги ферозонда. Цей принцип отримання інформації займає більшу частину літератури по ферозондовим магнітометрам.

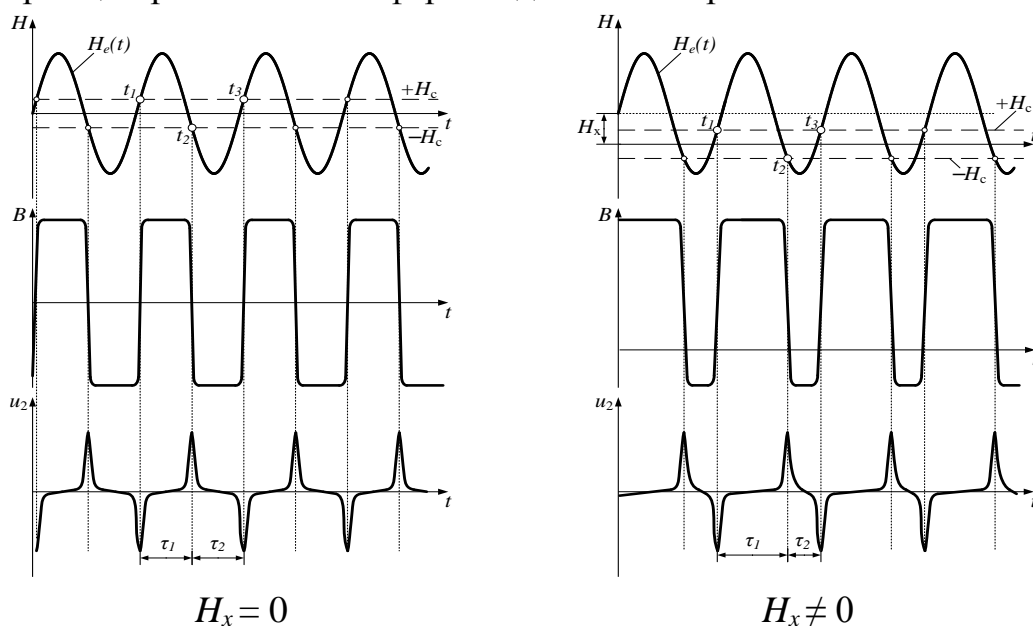
У даній роботі розглядається однострижневий ферозонд з фазоімпульсним принципом вимірювання магнітного поля. На рис. 1 показано будову досліджуваного ферозонда.



1 – збуджувальна обмотка, 2 – вимірювальна обмотка, 3 – осердя

Рисунок 1 – Конструкція однострижневого ферозонда

Принцип роботи такого ферозонда пояснює рис.2.



$H_x = 0$

$H_x \neq 0$

Рисунок 2 – Епюри сигналів ферозонда

Збуджувальна обмотка створює напруженість магнітного поля $H_e(t)$, що змінюється по синусоїдальному закону. За відсутності зовнішнього магнітного поля ($H_x = 0$) різниця інтервалів часу $\Delta\tau = \tau_1 - \tau_2$ дорівнює 0. При наявності зовнішнього поля ($H_x \neq 0$) – $\Delta\tau = f(H_x)$. Тобто, вимірювання магнітного поля при такому підході зводиться до виміру інтервалів часу на протилежність до фільтрації та вимірювання амплітуди парних гармонік.

Важливою умовою є застосування осердя з матеріалу що має прямокутну магнітну характеристику, тому використано пермалой.

Для досліджень було розроблено схему включення фазоімпульсного ферозонда (рис.3).

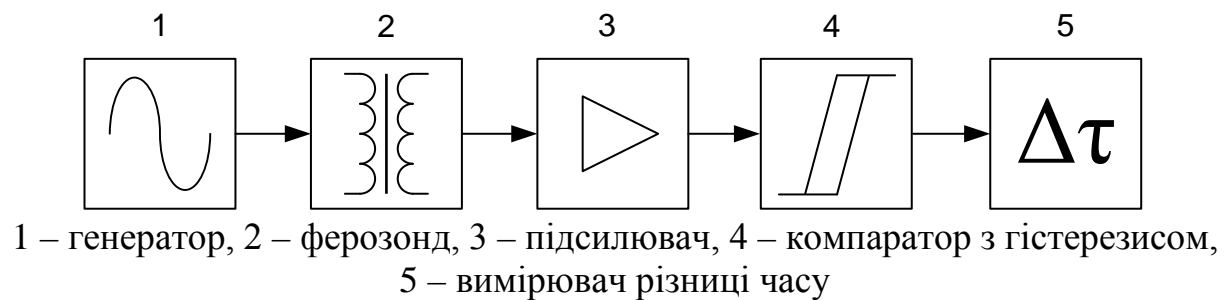


Рисунок 3 – Структурна схема включення ферозонда

Генератор виробляє збуджувальний струм з заданими амплітудою та частотою. До вимірювальної обмотки ферозонда підключено підсилювач сигналу, що подається на компаратор з гістерезисом (рис.4а). На рисунку 4б показані осцилограми сигналів на виходах компаратора (зверху) та підсилювача (знизу).

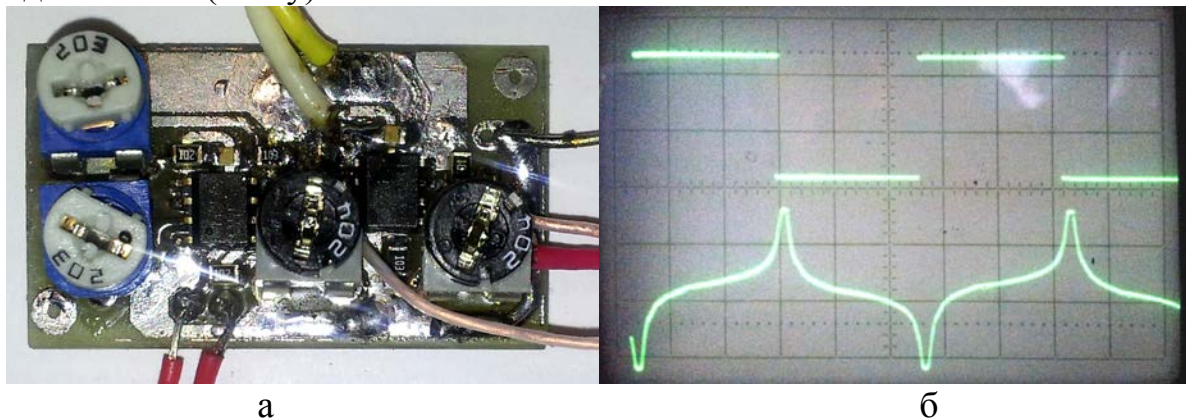


Рисунок 4 – Плата підсилювача з компаратором (а), осцилограми вихідних сигналів (б) ферозонда

Дослідження показали, що застосування такого ферозонду може набагато спростити будову магнітометра. Вихідний сигнал має стандартні параметри для подальшої цифрової обробки.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИХРОСТРУМОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТОВЩИНИ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПОКРИТТІВ

Хомяк Ю.В., Малашенко М. В., Зажимакин В. М.

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, hotyak-yv@mail.ru

В даний час корозія металів і руйнування різних неметалевих виробів внаслідок впливу різних агресивних речовин, у тому числі атмосферних, а також механічних впливів, та їх захист є однією з найважливіших науково-технічних і економічних проблем. Технічний прогрес у багатьох галузях промисловості гальмується через невирішеність у повному обсязі зазначених проблем. Це набуло особливої актуальності в промислово розвинених країнах.

Величезні економічні втрати від корозії металів і руйнування неметалічних конструкцій, питома вага яких все зростає. За оцінками фахівців різних країн, ці втрати в промислово розвинених країнах становлять від 2 до 4 відсотків валового національного продукту за рік. При цьому втрати металу, металоконструкцій, виробів, обладнання, становлять від 10 до 20 відсотків річного виробництва сталі. Вихід з ладу обладнання викликає простої, зниження потужності, витрата металу і часу на відновлення і т. д.

Оскільки основними засобами захисту є покриття, то цілком зрозуміло наскільки важливі і актуальні питання застосування якісних матеріалів, дотримання технологічних процесів їх нанесення і, як підсумок, забезпечення заданих захисно-декоративних властивостей.

Величезну роль у забезпеченні нормованої розрахункової міцності виробу і конструкцій та їх конструктивної надійності грає їх товщина. Відхилення товщини виробу від заданих значень в процесі виробництва є грубим дефектом та її контроль є важливою технологічною операцією. Крім того, товщина виробів і конструкцій відіграє важливу роль у забезпеченні довговічності виробу, так як в процесі експлуатації змінює свої значення внаслідок ерозії, корозії та механічних пошкоджень поверхні. Тому проведення контролю товщини виробу в процесі експлуатації виробу є необхідною операцією.

У даній роботі досліджено вихрострумний перетворювач (ВСП) для вимірювання товщини діелектричних покриттів, рис.1.

Було проведено дослідження сигналів ВСП при зміні зазору на різних частотах. Матеріали основи обрані сталь та алюміній. Отримані залежності сигналів ВСП від вимірюваного зазору показані на рис. 2 та рис. 3.

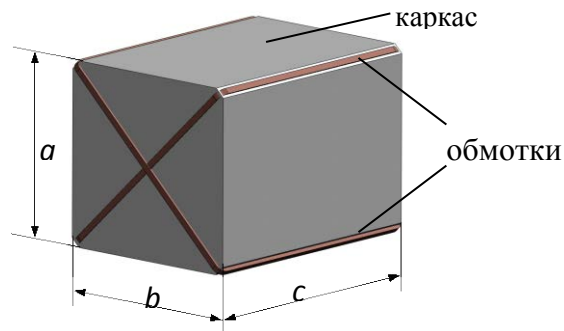


Рисунок 1 – Схематичний вигляд досліджуваного ортогонального ВСП

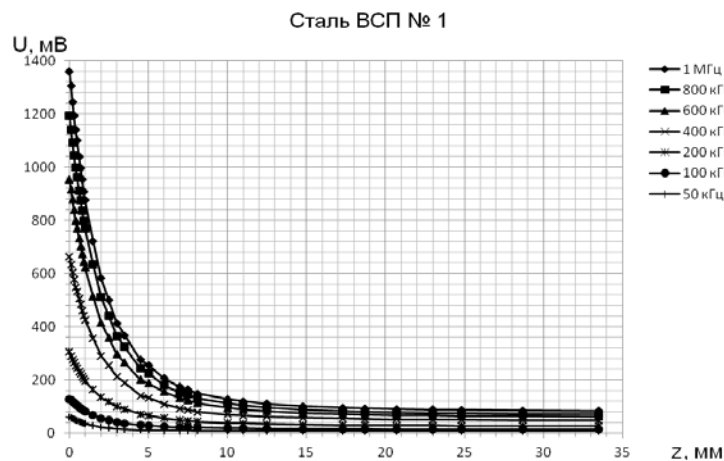


Рисунок 2 – Графік залежності амплітуди сигналу ВСП від зазору z на різних частотах (матеріал сталь)

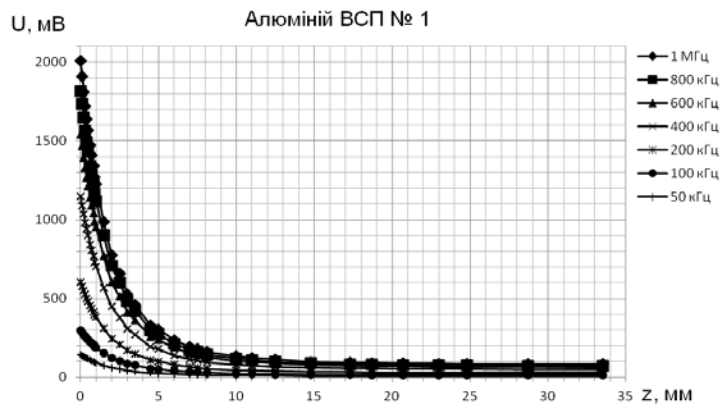


Рисунок 3 – Графік залежності амплітуди сигналу ВСП від зазору z на різних частотах (матеріал алюміній)

Встановлено, що основну роль у визначенні діапазону вимірювань товщини діелектричних покриттів грає ширина перетворювача. Для контролю покриттів з більшою товщиною доцільно використовувати перетворювачі з великими розмірами. Також ВСП із заданою шириною робочої зони доцільно контролювати товщину покриттів до $(0,8 \dots 1)$ від бази перетворювача. Найбільша чутливість досягається на початку робочого діапазону, тобто при мінімальних товщинах покриттів.

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ МЕТАЛЛА ПОСЛЕ НАКАТКИ РОЛИКАМИ

Швец С.Н., Ливцов Ю.А., Яковенко В.В.
myblok@ukr.net

Наиболее простым и доступным методом упрочнения осей подвижного состава является обработка поверхности холодным пластическим деформированием путем накатки роликами. Основными параметрами технологического процесса накатывания являются микротвердость поверхностного слоя металла и его глубина, которые в настоящее время контролируются по методу Виккерса путем вырезания из оси продольных шлифов. За глубину упрочненного слоя металла с повышенной твердостью принимается расстояние от поверхности оси с максимальной твердостью до глубины с исходящим значением твердости, соответствующей твердости не упрочненного накаткой металла. Используемый метод контроля является трудоемким и его применение ограничивается выборочным контролем, что не позволяет оперативно корректировать режим накатки с целью обеспечения её требуемого качества.

Магнитный метод неразрушающего контроля позволяет реализовать оперативный контроль, что в значительной степени повысит качество обработки осей и улучшить их эксплуатационные характеристики. Существующие коэрцитиметрические методы в основном используют измерение коэрцитивной силы, магнитной проницаемости, намагниченности насыщения путем контроля магнитного потока в объеме сердечника намагничивающего устройства. Это не только вносит в измерения методическую погрешность, но и ограничивает возможность определения структуры контролируемого ферромагнитного материала.

Предлагается метод, основанный на измерении параметров магнитного поля рассеяния предварительно намагниченного локального объема ферромагнитного металла, что не только повышает точность измерений, но и создает возможность контролировать сразу несколько параметров структуры материала.

Для обоснования предлагаемого метода контроля проведены теоретические исследования поля вектора намагниченности в нелинейной ферромагнитной среде. Математической моделью поля в ферромагнитной среде является интегральное уравнение Фредгольма 1-го рода, которое при разбиении области решения на элементарные объемы редуцируется к системе алгебраических уравнений. В качестве элементарных объемов берутся параллелепипеды. Намагниченность является функцией напряженности поля и задается в аналитической форме.

Неоднократные решения краевой задачи по расчету поля вектора намагниченности занимает слишком много времени для его использования

в имитационном моделировании. Поэтому предлагается упрощенный метод расчета, заключающийся в том, что для каждого элементарного объема определяется векторный размагничивающий фактор, который позволяет рассчитать поле вектора намагниченности при различной индукции намагничивающего поля и после отключения тока в обмотке намагничивающего устройства. Разработанная математическая модель магнитного поля позволяет установить связь между толщиной и магнитными параметрами упрочненного слоя металла и топографией магнитного поля рассеяния локального намагниченного участка. Эта связь устанавливается путем численного расчета поля вектора намагниченности в объеме контролируемой детали П-образным электромагнитом. Численный расчет производится при варьировании геометрических размеров намагничивающего устройства и различных магнитных характеристиках и толщины верхнего упрочненного слоя оси подвижного состава.

Целью натурального эксперимента является определение корректности математической модели магнитного поля локального намагниченного участка упрочненного накаткой ферромагнитного материала, зависимости параметров поля от толщины упрочненного слоя и коэрцитивной силы металла. Для нахождения данных о магнитных характеристиках верхнего слоя упрочняемого накаткой ферромагнитного материала, толщина которого составляет 4-5 мм, разработана соответствующая магнитометрическая аппаратура. В результате натурального эксперимента получены следующие данные о магнитных характеристиках металла оси:

– для неупрочненного металла (сердцевины):

$$H_C = 2900 - 3400 A/m; M_S = 1,4 \cdot 10^6 - 1,49 \cdot 10^6 A/m; M_r = 0,9 \cdot 10^6 - 0,92 \cdot 10^6 A/m;$$

– для упрочненного металла:

$$H_C = 3900 - 4740 A/m; M_S = 1,1 \cdot 10^6 - 1,25 \cdot 10^6 A/m; M_r = 0,8 \cdot 10^6 - 0,85 \cdot 10^6 A/m.$$

Установлена связь между коэрцитивной силой и микротвердостью поверхностного упрочненного слоя металла оси подвижного состава. Расхождение результатов экспериментальных данных оценивается погрешностью 12%. Контроль характеристик упрочненного слоя металла осуществляется в два этапа. На первом этапе в обмотки катушек П-образного электромагнита подается ток, и область под его полюсами намагничивается до состояния близкого к насыщению. На втором этапе ток в обмотке электромагнита отключается, и сердечник извлекается из катушек. Вместо сердечников в катушках устанавливается контейнер, в котором размещены феррозонды, измеряющие параметры поля рассеяния локально намагниченного участка оси. В результате измерений установлено, что расхождение данных, полученных экспериментально и в результате численного расчета, не превышает 0,2%, что указывает на корректность математической модели магнитного поля.

СЕКЦІЯ 4. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ І СИСТЕМИ

БЕСПРОВОДНЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ В ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕДСТВАХ ИЗМЕРЕНИЙ

Балев В.Н.

*Национальный технический университет «ХПИ»,
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

Быстрое развитие информационных технологий, миниатюризация и небольшая потребляемая мощность микропроцессорной техники определяют ее всепроникающий характер, что, безусловно, требует новых подходов в проектировании современных измерительных приборов и систем, на что уделяется постоянное внимание в процессе обучения студентов.

Актуальность этой проблемы так же связана, с тем, что подавляющая часть парка средств измерительной техники используемой в процессе подготовки инженеров это приборы выпуска 70-80 г.г. прошлого века. В основном это достаточно громоздкие аналоговые и цифровые приборы изготовленные на дискретных элементах. Обновление парка средств измерений затруднено экономическими причинами.

В рамках выполнения курсовых и дипломных проектов многие студенты проводят разработку опытных экземпляров измерительных устройств и систем, выполняют работы по поиску аналогов, разработке структурных и принципиальных схем, алгоритмов работы, подбору элементной базы для реализации своих задумок. Однако экономические аспекты и здесь выходят на первый план, так как финансовые возможности студентов существенно ограничены, а относительно простой микропроцессор Atmega16 стоит 50-60 грн., а графический индикатор 128x128 точек стоит 900-1000 грн.

Эффективным путем уменьшения стоимости элементной базы является разработка виртуальных измерительных средств и систем. Под виртуальными понимаются средства измерений, построенные на базе персональных компьютеров, встраиваемых в компьютер многофункциональных и многоканальных аналого-цифровых плат, внешних программно-управляемых модулей предварительной обработки сигналов и приборов и специализированных измерительных интегрированных программных оболочек для сбора, обработки и визуального представления измерительной информации. У наших северных соседей недавно был принят соответствующий ГОСТ [1] устанавливающий основные термины и их определения, а также основные положения и метрологические требования, относящиеся виртуальным средствам измерений.

В процессе обучения студенты нашей кафедры плодотворно работают со средой разработки виртуальных средств измерений Labview фирмы National Instruments и применяют их в своих проектах и исследованиях. Разработанные

ими или используемые стандартные программно управляемые модули обычно подключаются через интерфейс USB, который зачастую обеспечивает также и питание модуля, или через интерфейсы RS232 и RS485 (как аппаратные, в составе персонального компьютера, так и через переходники USB- RS232 и USB- RS485). В этом случае имеется один важный фактор, требующий пристального внимания – отсутствие гальванической развязки между объектом, параметры которого контролируются или исследуются и, персональным компьютером, где расположен виртуальный прибор. Неполадки в объекте или на линиях связи могут пагубно воздействовать на дорогостоящее оборудование.

Естественным выходом из этой ситуации является использование беспроводных интерфейсов для связи виртуальных приборов с программно управляемыми модулями, среди которых хотелось в первую очередь назвать Bluetooth и WiFi. В настоящее время имеется целый ряд готовых изделий стоимостью 5-10\$ легко интегрируемых в микропроцессорные устройства, примерами таких изделий являются модуль WIFI ESP8266 поддерживающий протоколы 802.11 b/g/n и модуль HC-05 (Bluetooth to Serial Port Module). Оба интерфейса работают в не лицензируемом диапазоне частот 2,4 ГГц. Любой из этих модулей может быть подключен к аппаратному или программному последовательному порту микроконтроллера и обеспечивать скорость обмена данными от 9600 бит/с до 460800 бит/с которая сопоставима со скоростями обеспечиваемыми проводными версиями интерфейсов RS232 и RS485.

Оборудование программно управляемых модулей беспроводными интерфейсами существенно расширяет область их применения и упрощает их подключение к таким современным техническим средствам как планшеты и смартфоны. Последние нашли широкое применение в последнее время для общения в социальных сетях, получения информации из всемирной информационной сети, аудио- и видеозвонков, передачи текстовой и графической информации. А главное многие студенты являются счастливыми обладателями таких устройств.

В планшетах и смартфонах обычно имеются аналогичные интерфейсы, что позволяет реализовать в них виртуальные измерительные приборы или подключать их к виртуальными измерительным приборам для получения и отображения результатов их работы, а также выдачи управляющих воздействий. Примером такой реализации является приложение Data Dashboard for LabVIEW фирмы National Instruments которое позволяет создавать различные программы для удаленного доступа к данным, регистрируемым измерительными системами, благодаря использованию переменных с общим доступом (shared variables) или Web-сервисов, запущенных на измерительной системе.

Список литературы

1. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Средства измерений и системы измерительные виртуальные. Общие положения : ГОСТ Р 8.818-2013.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НЕЛИНЕЙНОЙ ИНВАРИАНТНОСТИ В ПРОБЛЕМЕ РЕШЕНИЯ КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ ВОЗДУШНЫХ СУДЕН

Волков А. Е.

*Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН Украины и МОН Украины
ул. Академика Глушкова, 40, г. Киев, Украина, 03680*

Столкновение воздушных судов (ВС) в воздухе друг с другом вызывает большое число катастроф, поэтому очень важна количественная оценка безопасности полета величиной допустимого риска столкновения воздушных судов. Однако, даже с помощью высокоэффективных и высоконадежных систем управления воздушным движением (УВД) невозможно обеспечить необходимую безопасность полетов. Дело в том, что до сих пор часть земной поверхности не охвачена зоной действия систем УВД, а кроме того, существующие системы УВД не позволяют надежно контролировать полеты на малых высотах и в труднодоступных для наблюдения регионах земного шара.

Ожидаемым результатом данной работы является создание новой универсальной системы управления конфликтными ситуациями воздушных кораблей, построенной на сетцентрических технологиях и на принципах теории инвариантности, которая позволит удовлетворить современным требованиям организации воздушного движения по обеспечению гарантированного уровня безопасности полетов.

Вероятность конфликта определяется как вероятность того, что расстояние между двумя самолетами станет меньше некоторого установленного порога. Задача системы предотвращения конфликтов состоит в том, чтобы удерживать значение вероятности конфликта ниже некоторого допустимого уровня.

Подход к решению данной проблемы можно рассматривать через теорию дифференциальных игр [1]. Игровую задачу уклонения-преследования (конфликтную ситуацию самолетов) предлагается в данном случае решать с позиции теории инвариантности [2]. Необходимо определять стратегию преследуемого игрока таким образом, чтобы состояние дифференциальной игры было инвариантным к стратегии игрока-преследователя. При этом качество изменения инвариантного состояния стратегии преследуемого игрока и дифференциальной игры в целом было бы оптимальным с точки зрения минимизации некоторых условных критериев (например, глобального оптимума).

Глобальный оптимум по критерию минимального отклонения самолетов от начальных траекторий это один из основных критериев оптимальности варианта решения конфликтной ситуации [3]. В его

качестве выступает показатель, который характеризует отклонения конфликтующих самолетов от начальных планов полета, а именно, площадь необходимого маневра: $S = \int_{x_0}^{x_k} |y_0(x) - y_k(x)| dx$, $y_k(x)$ и $y_0(x)$ – начальные и маневровые линии пути самолета на плоскости; x_0 , x_k – координаты точки начала и конца маневра.

В работе [1] показан пример решения такой задачи с помощью теории нелинейной инвариантности и доказана рациональность и перспективность такого подхода. Существенным преимуществом является то, что он основывается на применении в нелинейных динамических системах в распределенной среде, каковым и является самолет в целом. Отметим также, что использование для синтеза эргатической системы управления движением ВС метода нелинейной инвариантности позволяет обеспечить наибольшие возможности для проявления свойств функционального гомеостаза.

Соответственно, вариант решения поставленной задачи решения конфликтной ситуации самолетов через теорию инвариантности будет звучать так: для существования решения нашей дифференциальной игры уклонения-преследования (решения конфликтной ситуации самолетов) в некоторой области необходимо и достаточно, чтобы для параметра управления динамическим процессом изменения инвариантного состояния дифференциальной игры возможно было выбрать такое значение, которое обеспечит существование функции Ляпунова для нашей замкнутой системы.

Уже проведено соответствующее моделирование, позволяющее проанализировать такой подход к решению задачи конфликтной ситуации ВС. Результаты моделирования и итогового расхождения воздушных кораблей при возникшей угрозе столкновения с помощью новой сетцентрической системы управления конфликтными ситуациями, с учетом глобального оптимума, основанной на теории инвариантности показали очень обнадеживающие и перспективные результаты.

Список литературы

1. Павлов В.В. Инвариантность и автономность нелинейных систем управления [Текст] / В.В. Павлов. – К. : Наукова Думка, 1971. – 272 с.
2. Загора С.А. Анализ методов решения конфликтных ситуаций в условиях свободного полета [Текст] / С.А. Загора. – Вестник Национального авиационного университета, 2005. – №1. – С. 42–74.
3. Красовский Н.Н. Игровые задачи о встрече движений [Текст] / Н.Н. Красовский. – М. : Наука, 1970. – 424 с.

ОЦЕНИВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

**Волков О.О., Захарова С.В., Кулагина А.Е.,
Паценко А.Н., Севрюкова О.В.**

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники, кафедра
метрологии и измерительной техники, тел. (057) 702-13-31
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166*

Межлабораторные испытания являются одним из методов валидации методик выполнения измерений, применяемых в испытательных лабораториях, аккредитованных по стандарту ISO/IEC 17025:2005 [1]. Особенностью этих измерений является то, что они проводятся в разное время, разными средствами измерений, в разных условиях, разными операторами. При этом образуется несколько групп прямых измерений с многократными наблюдениями, которые для уменьшения неопределенности целесообразно объединять, получая единый результат измерения, обладающий наименьшей неопределенностью (т.н. эффективную оценку результата измерения).

В „Руководстве по выражению неопределенности измерений” [2] задача обработки нескольких групп наблюдений (так называемых сгруппированных последовательностей) рассматривается на примере применения методов дисперсионного анализа ANOVA к простейшему случаю уравновешенной одноэтапной сгруппированной структуры без учета в результатах наблюдений неопределенностей типа *B*. При этом за наилучшую оценку принимают среднее арифметическое всех полученных результатов наблюдений. Однако такая оценка является эффективной только для случая равноточных измерений.

В докладе анализируются методы оценивания неопределенности нескольких групп неравноточных прямых измерений, базирующиеся на законах распространения неопределенности и распределений результатов наблюдений в группах при наличии неопределенностей обоих типов.

Предложены бюджет неопределенности [3] нескольких групп прямых неравноточных измерений с многократными наблюдениями (см. табл. 1) и общая методика получения общего результата измерений и его стандартной и расширенной неопределенности с учетом наличия неопределенностей обоих типов в результатах измерения отдельных групп.

Рассмотрено применение общей методики для получения средневзвешенной, средней арифметической и медианной оценки результатов измерений.

Таблица 1 – Схема бюджета неопределенности нескольких групп прямых измерений

Входная величина	Оценка входной величины	Стандартная неопределенность входной величины	Число степеней свободы	Коэффициент чувствительности	Вклад неопределенности
X_1	x_1	$u_A(x_1)$	$n_1 - 1$	c_1	$u_1(y)$
		$u_B(x_1)$	ν_{B1}		
X_2	x_2	$u_A(x_2)$	$n_2 - 1$	c_2	$u_2(y)$
		$u_B(x_2)$	ν_{B2}		
...
			
X_m	x_m	$u_A(x_m)$	$n_m - 1$	c_m	$u_m(y)$
		$u_B(x_m)$	ν_{Bm}		
Измеряемая величина	Оценка измеряемой величины	Суммарная стандартная неопределенность	Эффективное число степеней свободы	Коэффициент охвата	Расширенная неопределенность
Y	y	$u(y)$	ν_{eff}	k	U

Для отыскания достоверных оценок расширенной неопределенности результатов обработки нескольких групп измерений была использована процедура Монте-Карло [4], которая также применима при отличии законов распределений результатов наблюдений лабораторий от нормального.

Список литературы

1. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий : ДСТУ ISO/IEC 17025-2001. – Офиц. изд.
2. Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерений : ГОСТ Р 54500.3-2011. – Офиц. изд. – 101 с.
3. Захаров И.П. Неопределенность измерений: общие подходы к составлению бюджета неопределенности [Текст] / Захаров И.П. // Український метрологічний журнал. – 2004. – №2. – С. 10–15.
4. Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008. Дополнение 1:2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерений. Дополнение 1. Трансформирование распределений с использованием метода Монте-Карло : ГОСТ Р 54500.3.1 – 2011.

ДОСЛІДЖЕННЯ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ У РОЗПОДІЛЕНІЙ СИСТЕМІ ЗБОРУ ІНФОРМАЦІЇ ТА КОНТРОЛЮ

Волобуєв Р.В., Балєв В.М.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

У теперішній час в усіх сферах діяльності людини актуальною є задача створення недорогих розподілених систем збору інформації та контролю (СЗІК).

Розвиток електроніки та телекомунікаційних технологій за останні десятиріччя привів до того, що почали розроблятися та впроваджуватися електронні системи збору інформації з дистанційним зніманням вимірних даних. Вони включають в себе інтелектуальні сенсори, лінії зв'язку, передаючу та приймаючу апаратуру, центральний диспетчерський пункт, в якому здійснюється збір і накопичення інформації.

Розроблені системи мають розподілену структуру і потребують надійного каналу зв'язку. Вимірювання і попередня обробка інформації інтелектуальними портативними приладами можуть здійснюватися на значній відстані від оператора. Раніше при відстані до 10 м для лінії зв'язку використовували виту-пару, при відстані до 500м – коаксіальні кабелі, до декількох кілометрів оптоволокно. Але, все частіше, прокладка кабельних ліній зв'язку недоцільна і часто неможлива, особливо на короткі відстані. Тому використовують безпроводні лінії зв'язку.

Кожна з безпроводних технологій має свої переваги та недоліки. Так технологію Bluetooth зручно використовувати для поєднання недалеко встановлених пристроїв, наприклад в офісі чи в автомобілі. Вона забезпечує швидкість передачі 721 кубіт/с та дозволяє від'єднувати до одного основного пристрою (Master) до семи підлеглих (Slave) пристроїв, утворюючи пікомережу (piconet). Технологія Wi-Fi надає високошвидкісний (понад 100 Мбіт/с) та надійний зв'язок (із 64/128-бітним шифруванням), дозволяє легко інтегруватися в існуючі проводові мережі, проте має високу вартість обладнання та велике енергоспоживання. Типовий Wi-Fi маршрутизатор стандарту 802.11b або 802.11g має радіус дії 45 м у приміщенні і 90 м на відкритому просторі. Технологія ZigBee являє собою самоорганізуючу і самовідновлювальну мережу, яку зручно використовувати на промислових об'єктах, де необхідне встановлення багатьох датчиків з можливістю їх переміщення по території об'єкта. Ця технологія призначена для передачі невеликої кількості даних і забезпечує максимальну швидкість передачі даних разом із службовою інформацією до 250 кбіт/с.

Проте, усі три дані мережі є, або надто дорогі і складні, або з недостатніми характеристиками. Для одержання даних на відстанях до

100м на відкритій місцевості, зі швидкістю 2Мб/с доцільно використати радіомодуль передачі інформації «nRF24L01 +» фірми Nordic Semiconductor, що працює у діапазон частот ISM (2,4 ГГц), тобто на частоті Wi-Fi, але не вимагає ліцензування. Це суттєво спрощує експлуатацію та зменшує ціну усієї системи. Тому саме цей модуль я використовую у розробленій мною системі, що спеціалізується на вимірюванні температури, сили постійного струму та регулюванні потужності.

Робота з такою системою досить проста, все що потрібно зробити для забезпечення радіозв'язку - це включити функціональні елементи системи і запрограмувати їх відповідно до прикладної задачі. При подальшій експлуатації системи спеціального обслуговування не потрібно. Оператор має можливість не тільки отримувати інформацію від об'єкта дослідження, але також і чинити на нього вплив згідно необхідному в певній ситуації алгоритмом. Це відкриває перспективи створення портативної лабораторії дослідження технологічних процесів, безпосередньо на зацікавленій в цьому підприємстві.

Головною особливістю системи такого роду, є можливість її розширення з опціональним налаштуванням під певні технічні умови і завдання.

Як зазначалося вище, радіомодуль «nRF24L01 +» діє до 100м на відкритій місцевості, але у реальному середовищі, наприклад, у багатокімнатній квартирі чи на підприємстві, його дія точно не відома. Тому моя задача дослідити канал зв'язку у різних місцевостях та з різними перешкодами, для отримання можливості правильно використовувати даний модуль.

Список літератури

1. Palagin O., Romanov V., Starodub M., Galelyuka I., Skrypnyk O., Skyba K. Smart portable sensor for bird blue express-diagnostics: principles of design // Intelligent Technologies and Applications: Intern. book series "Information Science and Computing". Number 5: Supplement to International Journal "Information Technologies and Knowledge". – 2008. – 2. – P. 80–84.
2. Козлов А. Промышленные стандарты беспроводной передачи данных // Chip News Украина. – 2008. – № 7. – С. 18–21.
3. Технічна документація продукції фірми Nordic Semiconductor.
4. Радиомодуль nRF24L01+ 2.4 ГГц [Электронный ресурс].– Режим доступа: http://arduino-ua.com/prod231-Radiomodyl_nRF24L01_24_GGc.
5. Среда и методы передачи данных в вычислительных сетях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.lessons-tva.info/edu/telecom-loc/mlt2_2loc.html.

ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОСАДКОЙ САМОЛЕТА ПО ОПТИМАЛЬНЫМ И КРИВОЛИНЕЙНЫМ ТРАЕКТОРИЯМ

Волошенко Д. А.

*Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН Украины и МОН Украины
ул. Академика Глушкова, 40, г. Киев, Украина, 03680*

Современное состояние исследований в области определения условий безопасного захода воздушного судна (ВС) на посадку характеризуется многообразием подходов к совершенствованию процедур управления воздушным движением (УВД) и ВС путем автоматизации действий специалистов по управлению полетами и экипажа ВС. Одним из путей повышения безопасности воздушного движения является создание систем поддержки принятия решений (СППР) для лиц участвующих в непосредственном УВД. Поэтому актуальным является решение научной задачи по разработке методов, моделей и средств информационной поддержки принятия решения для построения оптимальной посадочной траектории при возникновении непреднамеренных отклонений ВС от заданной траектории полета для дальнейшего повышения безопасности полетов ВС.

Целью работы является определение условий безопасного захода ВС на посадку путем разработки и исследования математической модели построения оптимальной посадочной траектории ВС.

Поставленная цель в работе достигается в результате решения следующих основных задач: анализа аварийности на этапе захода ВС на посадку с целью выявления показателей безопасности; разработки метода построения оптимальной траектории посадки ВС; разработки математической модели посадочной траектории воздушного судна для различных условий; разработки комплекса прикладных программ для реализации алгоритма посадочной траектории; оценки адекватности разработанных математических моделей, алгоритма и комплекса прикладных программ.

Практическая значимость работы состоит в прикладном характере проведенных исследований, направленных на снижение аварийности при заходе на посадку, которая достигается в результате применения разработанных и исследованных математических моделей, методов и алгоритмов построения траектории полета ВС для различных условий полета при возникновении непреднамеренных отклонений от заданной траектории полета.

Одним из подходов в определении оптимальной траектории является решение задачи поэтапной оптимизации некоторых промежуточных

целевых функций для достижения требуемого результата. Основным методом решения подобных задач является метод динамического программирования, позволяющий путем поэтапной (многошаговой) оптимизации получить общий (результатирующий) оптимум.

Принцип оптимальных криволинейных траекторий реализует чисто программную стратегию управления и заключается в реализации «гибкой», обновляемой (многократно пересчитываемой) с заданной периодичностью, программной траекторией движения объекта, обеспечивающей выполнение управления в «реальных условиях» движения из состояния, соответствующего моменту времени ее обновления.

Принцип оптимальных криволинейных траекторий заключается в отказе от привязки управляемого движения ВК к заранее запланированной (номинальной) траектории и формировании (при необходимости) более выгодных траекторий движения к целевому состоянию, исходя из фактических условий движения объекта.

Основная трудность решения задачи управления по «гибким» траекториям обусловлена их двухточечным краевым характером. Весьма эффективный подход к ее преодолению основан на использовании так называемого метода обратных задач динамики. Характерная особенность последнего состоит в том, что сначала задается программное движение объекта (удовлетворяющее заданным краевым условиям), а затем определяется управление, реализующее это движение в силу динамики объекта. Однако, данный подход неприменим для общего класса нелинейных и негладких аффинных (линейных по управлению) объектов управления.

Адаптивная система, основанная на автоматическом управлении посадкой самолета с максимальной точностью и безопасностью, повышая уровень экологичности за счет снижения вредных выбросов в атмосферу и снижения шумов, является одной из первоочередных задач в усовершенствовании использования авиационной техники, что закреплено резолюциями многих международных и государственных авиационных организаций. Использование в такой системе сетевых технологий для управления в масштабе реального времени дает возможность разгрузить напряженность пилотов на одном из самых трудных этапов полета – посадке. Заход на посадку по криволинейным траекториям с учетом особенностей каждого самолета позволит уменьшить нагрузку в аэропортах с большой интенсивностью движения, освободить дополнительные эшелоны, снять проблему «воздушных очередей» в зоне аэропорта. Введение в такую новую систему функционала решения конфликтных ситуаций воздушных кораблей на этапе посадки позволяет создать новую концепцию управления самолетами.

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВТРАТ БУДИНКУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Гоц Н.Є., Дзіковська Ю.М.

Національний університет «Львівська політехніка»,

вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

Застосування тепловізійної техніки при пошуку теплових втрат будівельних конструкцій стає все більш популярним з огляду на потребу вирішення питань економії енергоресурсів та підвищення теплового захисту будівель. При цьому використання тепловізійного дослідження в основному обмежене пошуком місць із відхиленнями теплового поля від базових значень та визнання їх дефектними, тобто констатацією факту їх наявності. Кількісного опрацювання пов'язаних із цим втрат теплоти немає. Тому метою нашого дослідження є розробка підходу щодо кількісної оцінки визначення втрат теплоти та розробити алгоритм розрахунку втрат теплоти за результатами тепловізійного дослідження.

Нормативне споживання теплоти визначається шляхом проведення розрахунків за діючими методиками, передбаченими чинним законодавством. Найдоцільніше використовувати методики, представлені у ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель», ДСТУ Н Б А.2.2-5:2007 «Настанова з розробки енергетичного паспорта» та СНіП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Негативним моментом використання алгоритмів, запропонованих у даних нормативних документах, є наближеність розрахунків (наприклад, у результатів неоднорідності поверхні огорожувальної конструкції) та посилання на табличні значення більшості величин, які можуть істотно різнитися від реальних у результаті експлуатації будинку, впливу кліматичних умов, проведення ремонтних робіт тощо. Окрім того, громіздкість розрахунків та потреба в одночасній доступності великої кількості нормативних документів збільшують витрати часу на їх проведення, відповідно і собівартість такої роботи, а також спричиняють зростання суб'єктивної складової похибки проведених розрахунків.

Тому пропонуємо розширити можливості нормативних методик методикою розрахунку втрат теплоти будівлі за результатами тепловізійного дослідження.

Відомо, що при нормальній теплоізоляції до 70% втрат теплоти відбуваються через теплове випромінення, а при температурах 4-100 °С становлять 50-80% загального теплового потоку [1]. Цієї інформацію достатньо для приблизного кількісного оцінювання тепловтрат. Наступний алгоритм визначення втрат теплоти за випроміненням дозволяє обмежитися мінімальною кількістю вихідних величин, значення яких

забезпечується виключно тепловізором та технічною документацією на нього.

Оскільки потік теплоти $Q(S, T)$ враховуватиме лише втрату теплоти за випроміненням, тоді він дорівнює потоку випромінення $\Phi(\lambda, S, T)$, Вт:

$$Q(S, T) = \Phi(\lambda, S, T), \quad (1)$$

При цьому:

$$\Phi(\lambda, S, T) = M(\lambda, T) \cdot S, \quad (2)$$

де S – площа випромінюваної поверхні, м²; $M(\lambda, T)$ – спектральна густина випромінення, Вт/м² (визначається за формулою Планка).

Оскільки функція перетворення тепловізора згідно [2]:

$$S_i = AT_i + B, \quad (3)$$

де S_i – вихідний сигнал окремого приймача матриці тепловізора; A та B – визначаються за результатами калібрування; T_i – усереднене значення температури однорідної ділянки досліджуваної поверхні, то:

$$M(\lambda, T) = \frac{AT_i + B}{R(\lambda)}, \quad (4)$$

де $R(\lambda)$ – спектральна чутливість оптично-приймальної системи тепловізора в спектральній смузі $\lambda_1 \div \lambda_2$.

Відповідно різниця між потоками дефектної та базової ділянки складе:

$$\Delta Q(S, T) = Q_d(S, T_d) - Q_b(S, T_b) = (M_d(\lambda, T_d) - M_b(\lambda, T_b)) \cdot S = A \cdot \frac{T_d - T_b}{R(\lambda)} \cdot S \quad (5)$$

При цьому зрозуміло, що $\Delta Q(S, T)$ за випроміненням менше $Q(S, T)$ сумарного теплового потоку. Відповідно грошовий еквівалент додаткових втрат теплоти визначаємо наступним чином:

$$C = \frac{\Delta Q(S, T)}{1000} \cdot \tau \cdot P \quad (6)$$

де C – сума грошей, оплачена за надлишковий тепловий потік, грн; τ – час, для якого проводять розрахунок втрат теплоти, год.; P – вартість 1кВт·год енергії, грн/кВт·год (тариф).

Використання даного алгоритму дозволить оптимально швидко визначити приріст втрат теплоти в грошовому еквіваленті та оцінити окупність робіт по усуненню джерел виникнення таких тепловтрат.

Список літератури

1. Олійниченко І.Р. Економія при опаленні приміщення за рахунок використання матеріалів, що відбивають теплове випромінювання [Електронний ресурс] / І.Р. Олійниченко // Вісник КНУТД. – 2013. – №6. – С. 146-149. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/jpdf/Vknutd_2013_6_22.pdf.

2. Więcek В. Termowizja w podczerwieni. Podstawy i zastosowania / В. Więcek, G. De Mey. – F.P. PAK. Krzysztof Przybyła, 2011. – 372 s.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДІАГНОСТИЧНОГО ПРИЛАДУ ЛАЗЕРНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Григоренко І.В., Дудник О.В., Харченко О.В.
НТУ «ХПІ», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

У лазерних системах контролю – маємо справу зі світловими потоками. Оскільки інтенсивність світлового потоку можна перетворити на електричний сигнал, то відповідно є можливість порівняти два сигнали – один від об'єкту вимірювання, другий – від еталонної поверхні.

В роботі [1] розглянуто можливість побудови тестових впливів для діагностичного приладу лазерних систем. На рис. 1 представлено структурну схему такої системи контролю.

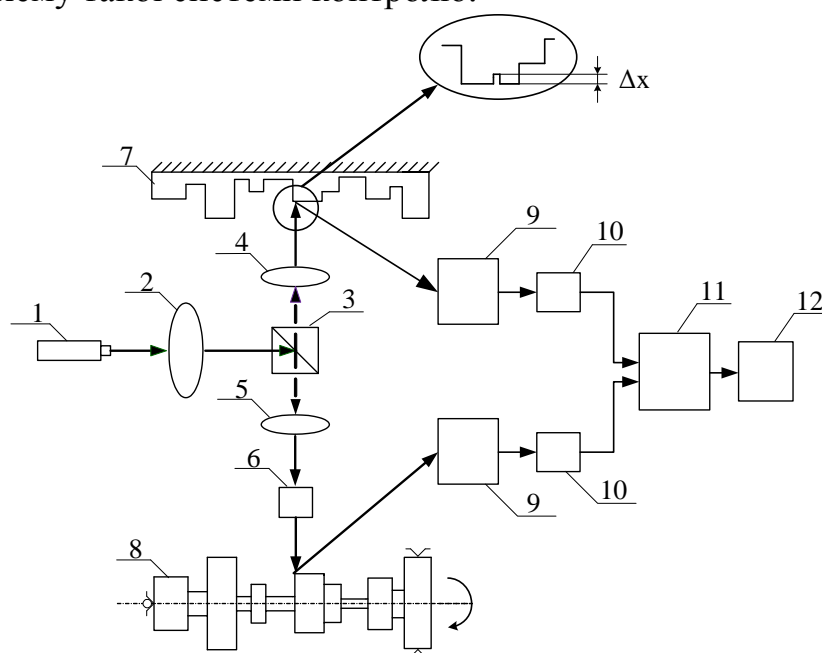


Рисунок 1 – Структурна схема системи лазерного контролю

Пристрій, працює наступним чином: світловий потік від лазерного каналу 1, проходячи через фокусуючу двоопуклу лінзу 2, потрапляє на світлоподільну призму 3, яка ділить один світловий потік на два різних за інтенсивністю світлопотоків. Обидва потоки фокусуються за допомогою окремих фокусуючих систем 4, 5. Для вирівнювання інтенсивностей на шляху робочого світлового потоку встановлено оптичний атенюатор 6. Світлові потоки потрапляють відповідно на еталонну за геометричними розмірами поверхню 7 і об'єкт вимірювання 8. На еталонну поверхню нанесено ділянку зразкового перепаду розміру ΔX . З об'єктів 7 і 8 зчитується інформація про якість їх поверхні за допомогою відбиття світлових потоків від поверхонь даних об'єктів. Відбиваючись від об'єктів 7 і 8, світловий потік потрапляє на фотоприймачі 9, які перетворюють інтенсивність світлового потоку в електричний сигнал. З виходів

фотоприймачів 9 обидва електричні сигнали (напряга) підсилюються, надходячи до підсилювачів 10. Для порівняння електричних сигналів використовуємо компаратор 11. Дані передаються на блок обробки даних 12. Комп'ютерна модель системи лазерного контролю виконана у середовищі MatLab (рис 2). Діаграми, що отримані за допомогою даної моделі при наявності тестових впливів представлено на рис.3.

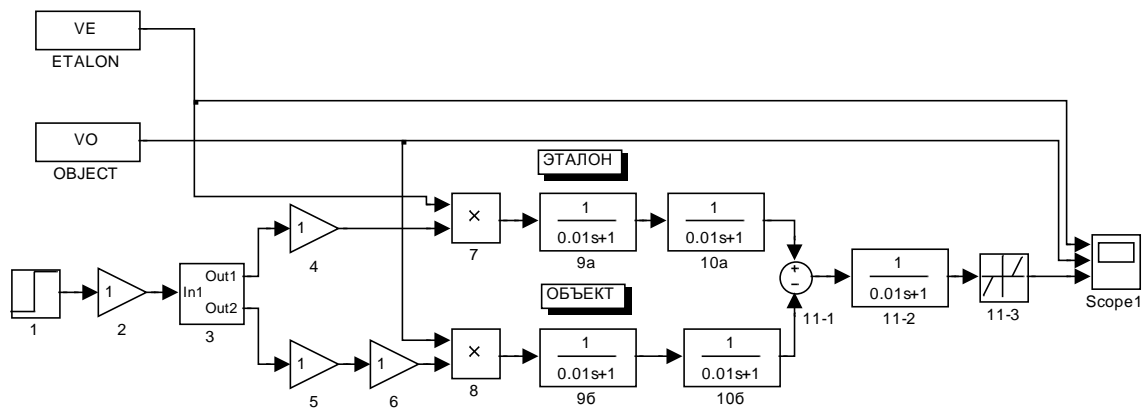


Рисунок 2 – Комп'ютерна модель системи лазерного контролю

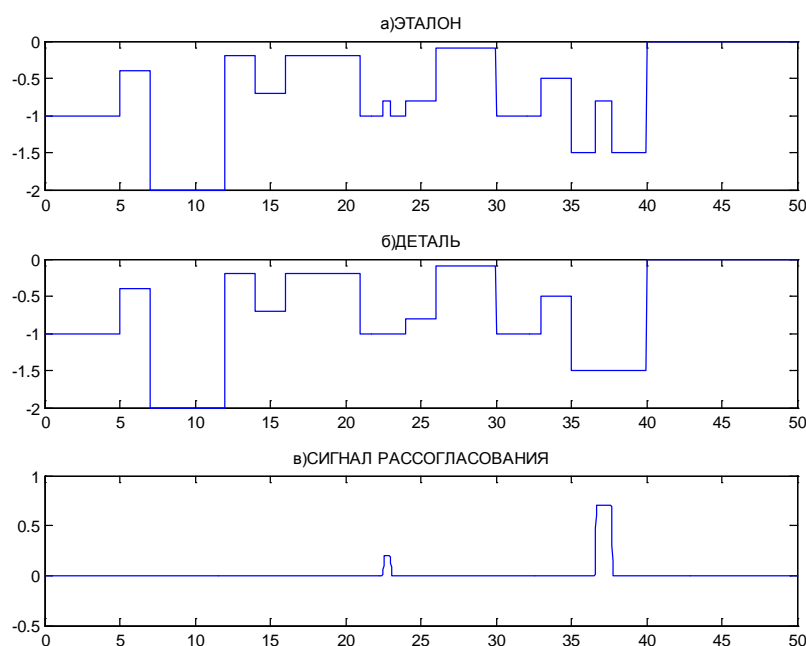


Рисунок 3 – Діаграми роботи системи при наявності тестових впливів

Список літератури

1. Григоренко І.В. Побудова тестових впливів для діагностичного приладу лазерних систем [Текст] / І.В. Григоренко, А.С. Белєвцова // Вістник НТУ «ХПІ» – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – № 15(1058). – С. 31-35.

АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДИНАМІЧНОЇ ПОХИБКИ ДЛЯ НЕЛІНІЙНОГО ВХІДНОГО СИГНАЛУ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ (ВП)

Григоренко І.В., Стеценко В.О.

НТУ «ХПІ», вул., Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

У роботі [1] визначено, що у разі використання нелінійних поліноміальних моделей зміни вхідного сигналу ВП необхідно враховувати похибку нелінійності. Треба додати, що усі інші складові нам апріорно відомі, залишається визначити параметр нелінійності β та сформулювати висновок: при якому значенні β динамічна складова похибки найменша. Якщо α – розрахункове значення оцінки швидкості зміни вхідного сигналу ВП, τ – стала часу динамічної моделі ВП, та β – заздалегідь відомі, то в цьому випадку ми можемо стверджувати, що усі динамічні похибки скомпенсовані, тобто $\Delta\alpha^* = 0$, $\Delta\beta^* = 0$, $\delta\tau = 0$.

Отже динамічна похибка РРМ, що визначається рівнянням

$$\delta_{dyn} \cong \left[\left(\frac{\Delta\alpha^* \cdot T}{\Theta} + \frac{\Delta\beta^* \cdot T^2}{\Theta} \right) / \Delta Y_{21} \right] \cdot \left[\left(\frac{2\Delta\alpha^* \cdot T}{kX(0)} + \frac{2\Delta\beta^* \cdot T^2}{kX(0)} + \frac{\Delta\beta^* \cdot t^3}{X(0)} + \frac{\Theta \cdot e^{-(t^3-2T)/\tau}}{kX(0)} \cdot \left(\frac{t^3-2T}{\tau} \cdot \delta\tau \right) \right) / \Delta Y_{31} \right] \quad (1)$$

дорівнює нулю.

На практиці частіше відомі значення α та τ , а значення параметру β залишається невідомим. Для того, щоб визначити значення параметру β^* для параболічної моделі вхідного сигналу, тобто наблизитись до дійсного значення β , використаємо метод відновлення вхідного сигналу поліномом другого ступеню. Рівняння для параболічної функції має вигляд

$$Y = \beta \cdot t^2 + \alpha \cdot t, \quad (2)$$

де $\alpha = 1.5$ [2]. Задамо умовно дійсними значеннями вхідного сигналу, використавши діаграму зміни вхідного сигналу (табл.1)

Таблиця 1

	y1	y2	y3
y, с	0	0,2	0,4
X, В	0,5	0,9	1,35
	x1	x2	x3

Для того, щоб визначити якому значенню β відповідає найменша динамічна похибка при відновлення вхідного сигналу використаємо апроксимацію поліномом другого ступеню параболічного вхідного сигналу за допомогою методу найменших квадратів

$$Y = (\alpha t_1 + \beta t_1^2 - y_1)^2 + (\alpha t_2 + \beta t_2^2 - y_2)^2 + (\alpha t_3 + \beta t_3^2 - y_3)^2. \quad (3)$$

Виходячи з рівності нулю частиних похідних запишемо систему рівнянь, яка після деяких перетворень має вигляд

$$\begin{cases} 0.4\alpha + 0.144\beta - 1.44 = 0 \\ 0.144\alpha + 0.054\beta - 0.504 = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Вирішуючи систему (4) отримаємо значення α та β для початкових умов (таблиця 1): $\alpha = 2.952$, $\beta = 1.8$ [2].

Для того, щоб продемонструвати як зміна похибки від визначення нелінійності впливає на загальну динамічну похибку δ_{dyn} побудуємо графік на підставі формули (1). Графік залежності динамічної похибки δ_{dyn} від $\Delta\beta^*$ наведено на рисунку 1. Факторами, що впливають на величину $\Delta\beta^*$ є неточне значення шагу дискретизації та визначення шагу квантування.

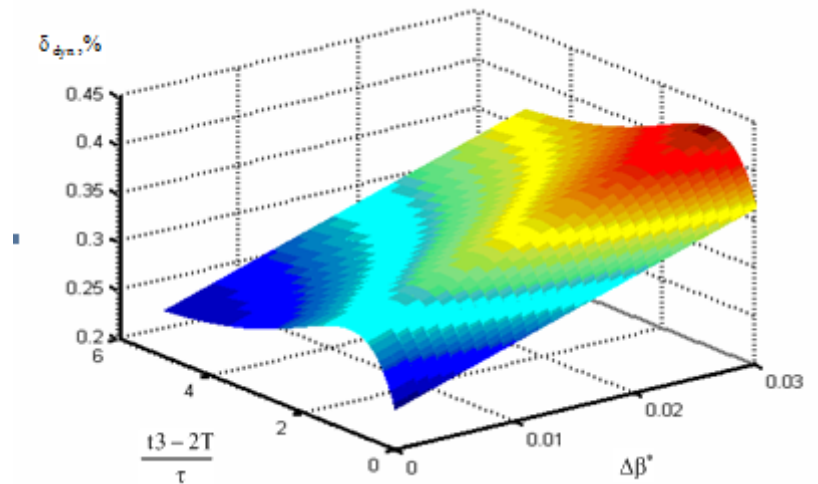


Рисунок 1 – Графік залежності динамічної похибки δ_{dyn} від $\Delta\beta^*$ та $(t_3 - 2T)/\tau$

Аналізуючи отримані данні можна зробити висновок, що використовуючи метод апроксимації поліномом другого ступеню параболічного вхідного сигналу отримаємо результат з похибкою, що не перевищує 0.45%.

Список літератури

1. Григоренко І.В. Розвиток тестових методів підвищення точності електричних компенсаційних вимірювальних перетворювачів у динамічних режимах [Текст]: дис. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 05.11.05 / Ігор Володимирович Григоренко – Харків, 2010. – 224 с.
2. Попов Е.П. Приближённые методы исследования нелинейных автоматических систем [Текст] / Е.П. Попов, И.П. Пальтов // – М. : Физико-математическая литература, 1960. – 456 с.

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КЕРАМІЧНОЇ ПЛИТКИ

Григоренко І.В., Тонкіна Ю.М.

НТУ «ХПІ», вул., Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

Необхідність розробки системи контролю параметрів технологічного процесу виготовлення керамічної плитки пов'язана з тим, що виготовлення керамічної плитки – трудомісткий процес, що складається з декількох етапів. Незважаючи на різну специфіку виробництва для окремих груп керамічних виробів, для більшості з них технологічна схема виробництва керамічної плитки є типовою у своїй основі, тому система контроль, що розробляється, дозволить підвищити якість керамічної плитки на будь-якому заводі, що її випускає, завдяки своєчасному контролю основних етапів технологічного процесу [1].

В основі виробництва керамічної плитки лежить випал виробів, виготовлених із суміші глини різних сортів, з додаванням інших натуральних компонентів, при температурі від 1040 °С до 1250 °С, залежно від типу плитки. У цілому технологічний процес виробництва керамічної плитки безупинно вдосконалюється, що і є головним секретом одержання якісно нового матеріалу [2].

Структурна схема системи контролю параметрів технологічного процесу виготовлення керамічної плитки наведена на рис. 1. Вона складається з аналогової й цифрової частин.

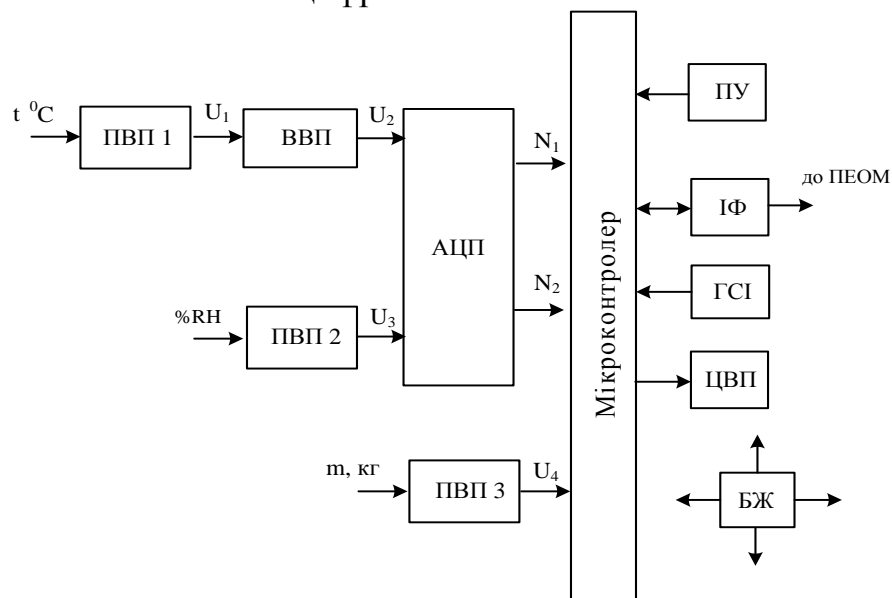


Рисунок 1 – Структурна схема системи контролю параметрів технологічного процесу виготовлення керамічної плитки

Аналогова частина містить у собі: первинні вимірювальні перетворювачі: ПВП1 - призначений для контролю температури випалу у

печі; ПВП2 – призначений для контролю вологості сировини; ПВП3 – призначений для контролю тиску гідравлічного преса. ВВП - для компенсації похибки від нестабільності температури холодних кінців термопари та підвищення рівня сигналу.

У цифрову частину входять АЦП – аналого-цифровий перетворювач, призначений для перетворення вхідної безперервної величини (напруги), що містить вимірювальну інформацію у цифровий код і передачі її на мікроконтролер; мікроконтролер, необхідний для обробки вимірювальної інформації, керування даною інформацією, забезпечення обміну даними між окремими частинами схеми та зовнішніми пристроями, відображає інформацію на ЦВП – цифровому відліковому пристрої та передає до персонального комп'ютера (ПЕОМ) по інтерфейсу (ІФ); генератор синхронізуючих імпульсів (ГСІ) виробляє синхроімпульси, необхідні для роботи мікроконтролера; пульт управління (ПУ) виконує початкове налаштування мікроконтролеру, та забезпечує його скидання; інтерфейс (ІФ) призначений для обміну даними із зовнішніми пристроями, зокрема з ПЕОМ; цифровий відліковий пристрій (ЦВП) необхідний для цифрового відображення інформації на екрані; блок живлення (БЖ) забезпечує необхідну напругу для роботи приладу.

У якості датчика вологості сировини обираємо мікрохвильовий вимірник вологості M-Sens 2 [3].

У якості датчика температури при випалі керамічної плитки обираємо термопару ТПЗ тип ТХА, type К у керамічних бусах для вимірювання високих температур. Для компенсації похибки від нестабільності температури холодних кінців термопари та підвищення рівня сигналу використовуємо AD597 – монолітний контролер, оптимізований для використання в умовах будь-яких температур у різних випадках [3].

Оскільки при пресуванні порошкоподібну суміш завантажують у прес-форми гідравлічного преса, де вона під високим тиском (до 500 кг / см²), а 1 кгс / см² = 98066,5 Па. 500 кгс / см² = 49 МПа, що в свою чергу відповідає вазі 467 т, то для контролю такої ваги обираємо датчик типу Н2А - тензометричний датчик мембранного типу (шайба) [3].

Мікроконтролер реалізований на мікросхемі АТmega16, здійснює обробку результату вимірювання і передає готовий результат вимірювання на цифровий відліковий пристрій, представлений мікросхемою HD44780

Список літератури

1. Технологический процесс производства керамической плитки. – Режим доступа : // www.steps.ru.
2. Организация производства керамической плитки . – Режим доступа : // vproizvodstvo.ru.
3. Преобразователи, датчики, сенсоры.–Режим доступа: sensore.com.

ПРОБЛЕМА СТВОРЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТИ ПИЛОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА В ДОМЕНУ ПІЧ

Довгалюк Б.П.

*Дніпродзержинський державний технічний університет
вул. Дніпробудівська, 2, м. Дніпродзержинськ, Україна, 51918,
e-mail: dowg_bor@mail.ru, телефон моб: 0504811864*

Сучасне доменне виробництво орієнтовано на використання пиловугільного палива (ПВП) [1]. В закордонній практиці витрата ПВП складає 160 - 270 кг/т чавуну. В Україні частка чавуну, який виплавляється з використанням ПВП, збільшилася до 44 %, що забезпечило зниження витрати коксу на 10-20. [1]. Але проблеми автоматизованого контролю ефективності використання ПВП та оптимізації його кількості не розв'язані. Під час оптимізації витрати ПВП необхідно контролювати: втрати тепла з охолоджуючою водою та з колошниковим газом; коливання окиснення чавуну на фурмах; становище теплового стану плавки.

Система оптимізації витрати ПВП включає: термінал обчислювальний зв'язку з об'єктом; засоби контролю, перетворення та введення у мікро - ЕОМ інформації про вміст у колошниковому газі CO , CO_2 , H_2 ; витрати дуття, ПВП, та кисню; вологість та температуру дуття; регулятор, виконавчий механізм та регулюючий орган витрати ПВП. Алгоритм функціонування системи полягає в наступному:

1) визначають коефіцієнт заміни коксу ПВП (кг/кг)

$$K_3 = \frac{g_{m(p)} + 23605C^P \cdot \eta_{co} + 121000H^P \cdot \eta_{H_2} + 13400W^P \cdot \eta_{H_2}}{1.8667C_k (5250 + 12648 \cdot \eta_{co})}, \quad (1)$$

де C^P , H^P , W^P – вміст в ПВП, відповідно, вуглецю, водню та води, кг/кг; 23605 – тепловий ефект утворення CO_2 із CO , кДж/кг С; 121000 – тепловий ефект утворення H_2O , кДж/кг водню; 13400 – тепловий ефект утворення H_2O , кДж/кг H_2O ; $g_{m(жс)}$ – теплота згоряння ПВП в горні печі кДж/кг, $g_{m(p)} = Q_H^P - 121000H^P - 121400S^P - 13400W^P - 23605C^P$,

де Q_H^P – повна теплота згоряння ПВП, кДж/кг; S^P – вміст сірки у ПВП, кг/кг;

2) визначають кількість заміненого коксу ПВП

$$\mathcal{E}_k = K_3 V_{nbn}, \quad \text{кг/г}, \quad (2)$$

де V_{nbn} - кількість ПВП, що вдувається у піч, кг/г;

3) визначають прибуток від використання ПВП [2]:

$$ПО = \mathcal{E}_k C_k - V_{nbn} C_{nbn} - V_o C_o + (P_\phi - P_3) E, \quad \text{грн /г} \quad (3)$$

де C_k , C_{nbn} , C_o – ціна коксу, ПВП та технологічного кисню; E – умовно постійні витрати на чавун; P_ϕ , P_3 – фактична і задана продуктивність печі;

4) змінюючи витрату ПВП, знаходять максимальне значення ПО, яке відповідає оптимальній витраті ПВП.

Контроль коливання окиснення чавуну на фурмах; З усередненої інформації за 10 хв визначають: температуру кожного фурменого вогнища $t_{\phi,i}$ та всієї фурменої зони t_{ϕ} ; теоретичну температуру горіння t_m ; різницю між теоретичною температура горіння і температурою фурмених вогнищ [2] $\Delta t = t_m - t_{\phi}$. Через 20 хв за кожні 10 хв визначають зміну усереднено-го за 10 хв Δt : $\Delta = \Delta t(t) - \Delta t(t-1)$. Якщо $\Delta < -30^{\circ}\text{C}$, то вважають, що збільшилось окиснення елементів чавуну на фурмах. Якщо $\Delta > 30^{\circ}\text{C}$, то вважають, що зменшилось окиснення елементів чавуну на фурмах. Визначають міру зміни окиснення заліза Δz (в %) за формулою [2]

$$\Delta z = -\frac{0,30\Delta}{400} 100. \quad (4)$$

Компенсацію коливання окиснення чавуну на фурмах здійснюють зміною витрати кисню, вологості дугтя, температури дугтя, витрати ПВП.

Контроль втрат тепла з охолоджуючою водою. Кількість тепла, що витрачається з охолоджувальною водою визначають [3]:

$$Q = \sum_{i=1}^6 G_i \Delta t_i c_v, \text{ кДж/хв}; \quad (5)$$

де G_i – кількість води, що проходить через i -й холодильник, кг/хв ; Δt_i – різниця температури вихідної і вхідної води i -го холодильника, $^{\circ}\text{C}$; c_v – теплоємність води, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$; v – кількість холодильників.

Втрати тепла визначали на кг виплавляемого чавуну [2] ($P_m, \text{кг/хв}$):

$$q_1 = Q/P_m, \text{ кДж/кг}, \quad (6)$$

Втрату тепла розраховали для перепаду температури на 1°C . В нижній частині печі витрата тепла дорівнює $64,039 \text{ кДж/кг}$ чавуну, а у верхній частині – $38,83 \text{ кДж/кг}$ чавуну [3]. Отже, навіть зміна температури охолоджуючої води на 1°C значно перевищує 37 кДж/кг чавуну. Це значить, що автоматизований контроль втрат тепла з охолоджуючою водою необхідний, особливо під час використання ПВП.

Список літератури

1. Климчук В.В. Технология и эффективность замены природного газа и части кокса пылеугольным топливом на ПАО «ММК им. Ильича» / В. В. Климчук, Н. В. Косолап, И. А. Лукьяненко и др. // Металл и литье Украины, 2013. – №10. – С. 28-35.

2. Довгалюк Б.П. Автоматизована система керування технологічними процесами доменної плавки. Дніпродзержинськ: – ДДТУ, 2009. – 245 с.

3. Довгалюк Б.П. Вплив втрат тепла з охолоджувальною водою і колошниковим газом на тепловий режим плавки. / Б.П. Довгалюк, Р.В. Волошин // Математичне моделювання. – 2013. – №1 (28). – С. 64-67.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КВАЛІМЕТРИЧНОЇ СУМІСНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ В ПРОЦЕСІ ЇЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ

Дроздова Т.В.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002,
drozdova.tv@ukr.net*

Сучасні системи управління якістю відповідно до стандарту ДСТУ ISO 9001[1] в процесі свого функціонування повинні зазнавати процедури вимірювання, аналізу та поліпшення. Часовий дрейф як самої системи так і окремих одиничних показників якості суттєво ускладнює цю процедуру. Для вирішення цієї задачі в роботі [2] запропоновано в автоматизовану інформаційну систему кваліметричного контролю (АІСКК) включити систему «спостерігач якості» (СЯ). Одними з основних функцій спостерігача якості АІСКК є наступні: визначення актуальної номенклатури показників якості; вимірювання рівня якості об'єкта по кожному з показників якості; накопичення та зберігання отриманої інформації. Основні етапи забезпечення кваліметричної сумісності СЯ у складі АІСКК наведено на рисунку 1[3].

Етап «навчання» СЯ починається в процесі розробки та впровадження АІСКК системи управління якістю. На цьому етапі визначаються одиничні показники якості (ПЯ) досліджуваного об'єкта, методи їх визначення, дерево ієрархії цих показників, основні процеси, що підлягають контролю, входи та виходи цих процесів. Визначені дані дозволяють сформувати базу даних СЯ для конкретної АІСКК. «Навчання» СЯ продовжується під час проведення самоаналізу та зовнішніх аудитів функціонування АІСКК. Результати аудитів дозволяють наповнити базу даних показниками якості та еталонними ситуаціями, що їх об'єднують і характеризують всі можливі стани системи АІСКК.

Однією з особливостей контролю якості є часова синхронізація процедур контролю з урахуванням можливостей АІСКК. Періодичність контролю обумовлюється наявністю процесів дрейфу показників якості та необхідністю переривання роботи АІСКК для оцінювання та аналізу поточної ситуації. Таким чином, метод оцінювання за допомогою СЯ повинен розглядатися як процедура динамічного контролю.

Адаптація СЯ передбачає процедури періодичного контролю ПЯ як в статичному режимі, так і з урахуванням динаміки їх зміни в процесі функціонування АІСКК та самого об'єкта, де АІСКК впроваджена. Такий контроль дозволяє провести необхідну корекцію характеристик об'єкта.

Формування масиву даних про зміни ПЯ дозволяє прогнозувати їх

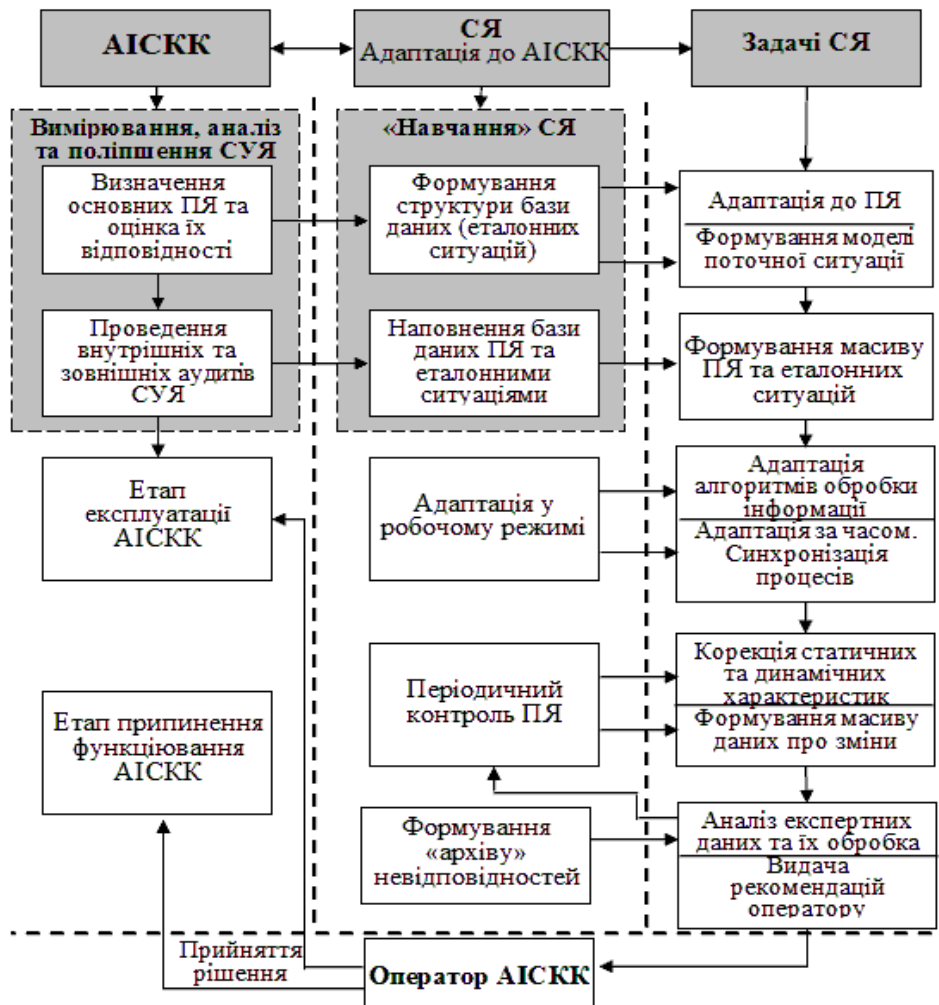


Рисунок 1 – Етапи кваліметричної сумісності АІСКК.

стан, періодичність контролю на основі даних про деградацію АІСКК та об'єкта контролю взагалі.

Таким чином, СЯ є підсистемою АІСКК, а комплекс завдань СЯ є складовою частиною всього комплексу робіт АІСКК, що зумовлює їх нерозривність та кваліметричну сумісність.

Список літератури

1. Системи управління якістю. Вимоги: ДСТУ ISO 9001:2009. – Офіц. вид. – К. : Держстандарт України, 2009. – VII, 25 с. (Нормативний документ).

2. Кондрашов С. И. «Наблюдатель качества» в динамических системах контроля и управления [Текст] / С. И. Кондрашов, Т. В. Дроздова // «Метрологія та прилади», науково-виробничий журнал. Тематичний випуск. Харків, 2013. – №2 II (41). – С. 126-130.

3. Кондрашов С. І. Методи підвищення точності систем тестових випробувань електричних вимірювальних перетворювачів у робочих режимах [Текст] / Кондрашов С. І. – Харків: НТУ «ХПІ», 2004. – 224 с.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ СКЛАДОВИХ СИЛ РІЗАННЯ НА ТОКАРНИХ ОПЕРАЦІЯХ

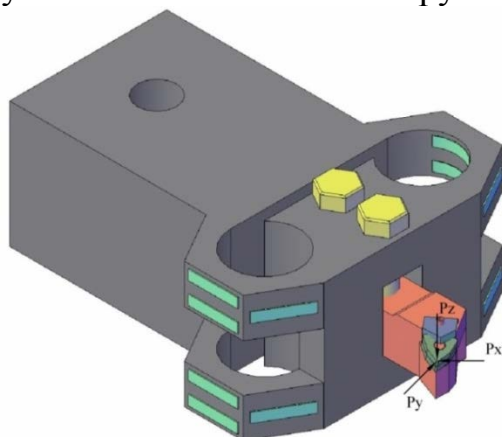
Заблоцький В.Ю., Приступа С.О., Ткачук А.А.

Луцький національний технічний університет,

вул. Львівська 75, м. Луцьк, Україна, 43000, <http://lutsk-ntu.com.ua/uk>

На сучасному етапі розвитку науки і техніки, для забезпечення точності оброблених деталей необхідно отримувати якомога більше інформації як про процес обробки в цілому, так і про його окремі частини. Під час виконання токарних операцій механічного оброблення важливим інформативним параметром являються складові сили різання. Тому контроль та вимірювання цих параметрів являється важливою та актуальною науково-практичною задачею.

Для вимірювання складових сили різання, що виникають в процесі токарного оброблення було розроблено, і виготовлено конструкцію пристосування рис. 1, яка виконана у вигляді набору чотирьох пружних елементів, що дають змогу фіксувати деформації, які виникають внаслідок впливу складових сили оброблення у вузлових точках пружних елементів [1]. Пристрій виконаний у вигляді пристосування яке встановлюється на посадочне місце різцетримача токарно-гвинторізного верстату, різець закріплений за допомогою гвинтів у посадочному отворі. Частина пристосування в якій закріплюється різець з'єднана з масивним корпусом на чотирьох пружних елементах у вигляді півкілець, що мають грані на зовнішній стороні. На цих гранях і на внутрішній циліндричній поверхні у вузлових точках кожного пружного елемента розміщуються тензодатчики.



а)



б)

Рисунок 1 – Багатокомпонентний динамометр для вимірювання складових сили оброблення: а) твердотіла модель динамометра; б) фрагмент установки для вимірювання складових сил різання

Розроблена конструкція дає змогу вимірювати радіальну P_y , вертикальну P_z , і тангенціальну P_x складові сили різання. Вимірювання

відбувається наступним чином: під час виконання механообробної операції сила різання сприймається через інструмент силовою ланкою, де відбувається реєстрація складових сили оброблення. Реєстрація відбувається шляхом зміни параметрів тензорезисторів розміщених у відповідних вузлах пружної частини механічної системи приладу. Під дією сили кільце пружно деформується і приймає форму еліпса рис. 2, при чому прогин кільця розраховується за наступною формулою:

$$\Delta D = 0,223 \frac{P(D-h)^3}{Ebh^2} + 1,775 \frac{P(D-h)}{Ebh} \quad (1)$$

де D – зовнішній діаметр кільця; E – модуль пружності; b і h – відповідно ширина і товщина кільця.

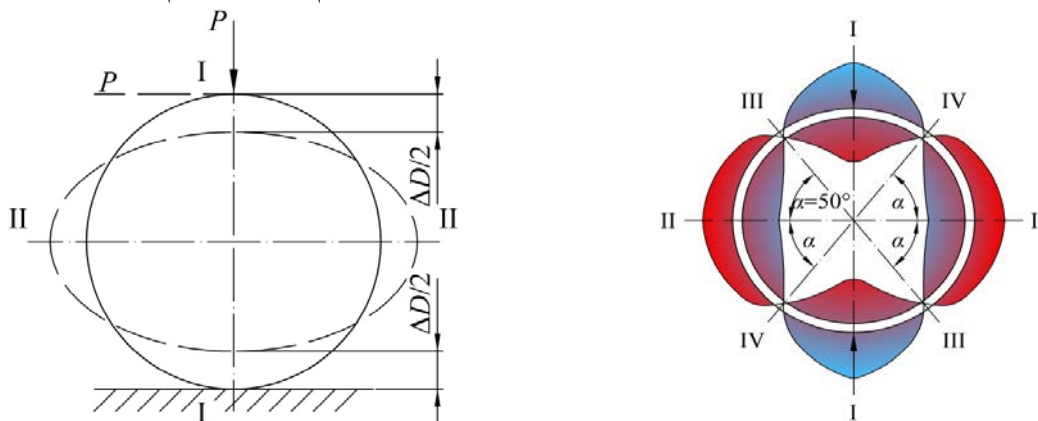


Рисунок 2 – Розрахункова епюра контактних напружень тензометричної балки

Перед початком вимірювань кожна мостова схема підключається до підсилювача з диференціальним входом і виходом і вбудованим джерелом напруги для тензомоста LP-04. В свою чергу кожний підсилювач підключається до зовнішнього модуля АЦП/ЦАП Е-154. Модуль Е-154 через вхід USB 1.1(2.0) з'єднується з ЕОМ. Візуалізація і реєстрація даних проводилась за допомогою програмного продукту – УМ АЦП1.

Таким чином, за отриманими профілограмами проводиться аналіз складових сили різання для виявлення особливостей впливу окремої складової на формоутворення. Розроблена система може також використовуватись у якості системи активного контролю для забезпечення відповідної точності та автоматизації токарних верстатів.

Список літератури

1. Пат. 94828 Україна, МПК В23Q 17/00 (2014.01). Багатокомпонентний динамометр для вимірювання складових сили різання / С.О. Приступа, А.А. Ткачук, В.Ю. Заблоцький, Т.В. Терлецький, О.П. Дахнюк; Заявник і патентовласник: Приступа С.О., Ткачук А.А., Заблоцький В.Ю., Терлецький Т.В., Дахнюк О.П., Луцьк; заявл. 20.03.2014; опубл. 10.12.2014; Бюл. №23. – 4 с.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПОВІРКИ СПІДОМЕТРУ З ПРИВОДОМ ВІД ГНУЧКОГО ВАЛУ

Іванова Є.В., Тополов І.І.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

Вступ. Спідометр – це важна деталь транспортного засобу, а швидкість є найважливішим параметром його руху. Тому наявність похибки спідометру, що виходить за установлені межі [1] може привести до різноманітних проблем. Однією з найважливіших проблем є виникнення небезпечних та аварійних ситуацій на дорозі, через недотримання встановлених швидкостей. Крім того у прикладних наукових дослідженнях, пов'язаних з дорожніми випробуваннями, вимірювання швидкості є першорядною задачею. По змінах швидкості оцінюють прискорення і уповільнення автомобіля, за ним розраховують діючі сили, але чим більшою буде похибка спідометра, тим менш точної буде оцінка даних параметрів.

Постановка задачі. На сьогоднішній день існує безліч методів повірки спідометрів, але дані методи є дорогими і вимагають спеціального габаритного обладнання. Тому необхідно розглянути можливість спрощення процесу повірки спідометрів [2], шляхом вбудови у штатний канал вимірювання швидкості транспортного засобу електронного датчика обертів, як сенсора обертів повірйюмого модуля, функціонального АЦП, який крім функції вимірювального перетворювача виконує також компенсування впливових факторів розукомплектування, які у штатному (повірйюмому) каналі перетворення призводять до появи (додаткової) похибки. Зробити аналіз параметрів автомобільного ряду моделей ВАЗ[3] по параметрам комплектування каналів вимірювання (див. рисунок) швидкості та скласти корегувальні таблиці поправочних коефіцієнтів.

Мета роботи – спростити процес повірки спідометрів транспортних засобів шляхом відмови від використання спеціалізованих стендів СТО з обкатними валками.

Теоретичні й експериментальні дослідження. Проведена розробка моделі системи виявлення похибки штатного механічного спідометру транспортного засобу. На базі аналізу параметрів складових штатного каналу вимірювання швидкості, було розроблено таблицю штатних та можливих комплектацій елементів ходової частини транспортного засобу які можуть бути згруповані на дійсному транспортному засобі. Розроблений прилад враховує всі коефіцієнти, що впливають на показання спідометра, наприклад коефіцієнт редуктора і розмір встановлених шин. Метод повірки заснований на чинним ГОСТ 8.262-77. Побудована структурна схема приладу для повірки штатних механічних та

електричних спідометрів. Розроблено дослідного взірця вторинного приладу.

Висновки.

Розроблений пристрій дозволить виявити джерело похибки відліку штатних механічних та електричних спідометрів. Дозволить оцінити підсумкову похибку каналу вимірювання швидкості транспортного засобу при будь-якому варіанті розукомплектації, до автомобільного ряду моделі ВАЗ. Спростити процедуру перевірки спідометрів транспортних засобів шляхом відмови від використання спеціалізованих стендів СТО з обкатними валками.

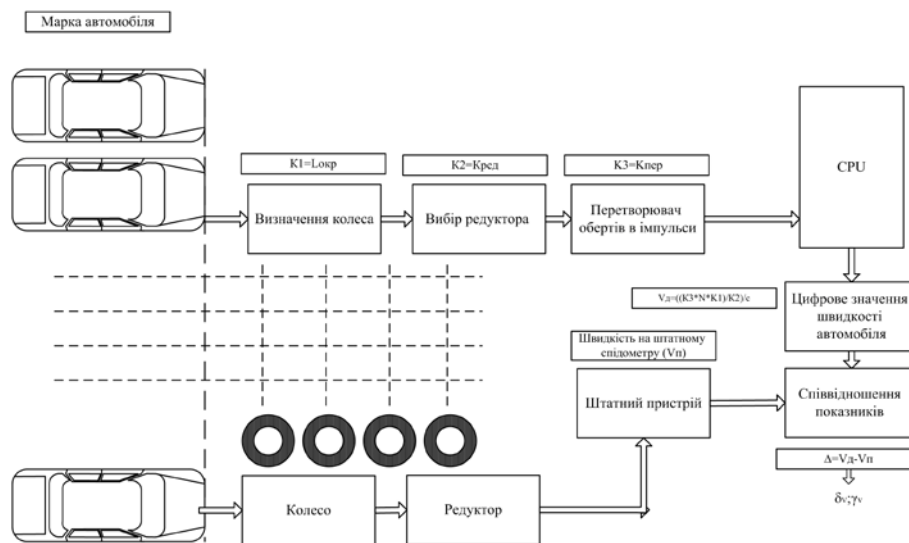


Рисунок 1 – Структурна схема пристрою перевірки каналу вимірювання швидкості для автомобільного ряду моделі ВАЗ

Список літератури

1. Спидометры автомобильные и мотоциклетные с приводом от гибкого вала. Общие технические условия : ДСТУ ГОСТ 1578:2009. – К. : Изд-во стандартов, 2002 г. – 11 с.
2. Государственная система обеспечения единства измерений. Спидометры автомобильные и мотоциклетные. Методы и средства : ДСТУ ГОСТ 8.262:2008. – К. : Изд-во стандартов, 2008 г. – 6 с.
3. Каталог моделей ВАЗ. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://vaz.infocar.ua/>.
4. Яковлев В.Ф. Учебник по устройству легкового автомобиля [Текст] / Яковлев В.Ф. – Москва : ИД Третий Рим, 2012 г. – 122 с.

МЕТРОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПУЛЬСАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЧІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

Клочко Н.Б., Долішній Б.В.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
вул. Карпатська, 15, м.Івано-Франківськ, dolishnya@gmail.com*

Проблема енергозбереження а є актуальною для більшості галузей господарства і гострота її посилюється поступовою вичерпністю видобувного енергетичного палива: природного газу, нафти та вугілля. У зв'язку з цим невідворотним є завдання раціонального використання енергетичних ресурсів з мінімальними втратами. До таких втрат слід віднести втрати теплової енергії, якими супроводжується робота теплових двигунів, зокрема газомотокомпресорів [1].

Відомі дослідження стосовно вивчення аспектів функціонування поршневих газоперекачувальних агрегатів зводяться в більшості до вивчення теплообміну стабілізованих газових потоків у відхідних трактах стаціонарних теплосилових установок [2,3]. У вказаних роботах не досліджувався вплив пульсацій на теплообмін, які, згідно з результатами фундаментальних досліджень [4], можуть інтенсифікувати теплообмін. З метою експериментальних досліджень процесу теплообміну пульсуючої течії відпрацьованих газів (ВГ) розроблено методику експериментальних досліджень тепловіддачі та здійснено вибір засобів виміральної техніки для експериментальної установки.

Питання метрологічного аналізу отриманих результатів є невід'ємною частиною будь-яких вимірювань, бо саме тільки такий підхід забезпечує об'єктивну оцінку точності і достовірності результатів досліджень.

В основі виконуваного метрологічного аналізу покладено розроблений алгоритм обробки даних [5], так як він безпосередньо забезпечував визначення амплітуди і частоти досліджуваних пульсацій тиску і температури і водночас вказував на джерела виникнення похибки, що завжди має місце при будь-яких вимірюваннях.

Необхідним було оцінити всі складові похибки застосовуваного приладу, а далі, виходячи з виду функціональної залежності між вимірюваною величиною і вимірюваними аргументами, здійснити сумування цих складових за таким алгоритмом:

$$S_A = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial a_i} \right)^2 \cdot S^2(a_i)}, \quad (1)$$

$$\theta_A = K \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial a_i} \right)^2 \cdot \theta^2(a_i)}, \quad (2)$$

де S_A – середнє квадратичне відхилення (СКВ) випадкової похибки результату непрямого вимірювання параметра A , який визначався як нелінійна функціо-

нальна залежність від m -ої кількості вимірюваних a_i -их аргументів; $\partial f/\partial a_i$ - перша похідна від функції f за аргументом a_i ; $S(a_i)$ – СКВ випадкових похибок результату вимірювання a_i -того аргументу; θ_A – границя невилученої систематичної похибки результату непрямого вимірювання параметра A ; $\theta(a_i)$ – невилучена систематична похибка (НСП) результату вимірювання a_i -того аргументу; K – поправочний коефіцієнт, який визначається прийнятою довірливою ймовірністю і числом m складових $\theta(a_i)$.

З метою розрахунку сумарної похибки пульсаційних характеристик ВГ розроблено структурні схеми формування похибки при вимірюванні частоти та амплітуди пульсацій тиску та температури. Для прикладу на рис.1 зображена структурна схема формування похибки при вимірюванні частоти пульсацій тиску, де S_{Np} , S_{Lp} – СКВ похибки визначення кількості пульсацій і їх довжини по осцилограмі (в абсолютних одиницях); θ_v, θ_{Lp} – НСП визначення швидкості руху стрічки самописця і довжини аналізованої вибірки пульсацій (в абсолютних одиницях).

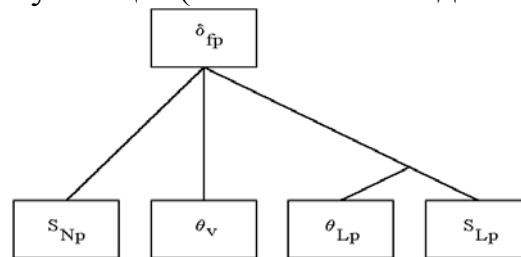


Рисунок 1 – Структурна схема формування похибки при вимірюванні частоти пульсацій тиску

Встановлено, що відносна похибка запропонованого алгоритму [5] визначення миттєвої частоти пульсацій тиску і температури не перевищує $\pm 0,6\%$. На основі метрологічного аналізу результатів досліджень пульсацій тиску та температури ВГ дизельних двигунів, який забезпечив проведення аналізу складових похибки і розроблення структурних схем формування похибки при вимірюванні пульсацій тиску та температури, здійснена кількісна оцінка похибок вимірювання амплітуди пульсацій тиску та температури ВГ, які становлять $\pm 3,0\%$ і $\pm 2,8\%$ відповідно.

Список літератури

1. Ковалко М.П. Энергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України [Текст] / Ковалко М.П., Денисюк С.П. – К. : УЕЗ, 1998. – 512 с.
2. Степанов А.В. Пути снижения энергетических затрат в нефти переработке и нефтехимии [Текст] / Степанов А.В., Сульжин Н.И. – М.: ЦНИИТЭНефтехим, 1983. – С.18-24.
3. Осипова В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена [Текст] / Осипова В.А. – М.: Энергия, 1979. – 307 с.
4. Галицейский Б.М. Тепловые и гидродинамические процессы в колеблющихся потоках [Текст] / Галицейский Б.М., Рыжов Ю.А., Януш Е.В. – М. : Машиностроение, 1977. – 256 с.
5. Долішній Б.В. Підвищення ефективності використання теплоти відпрацьованих газів газомотокомпресорів [Текст] : Дисертація на здобуття наукового ступеня / Долішній Б.В. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2003.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ, КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ САМОЛЕТА СРЕДСТВАМИ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Комар Н.Н.

*Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН Украины и МОН Украины,
ул. Академика Глушкова, 40, г. Киев, Украина, 03680*

Возрастание количества функциональных систем, агрегатов и других объектов бортового оборудования современной авиационной техники (АТ), вызывает необходимость дальнейшей автоматизации процессов контроля текущего состояния воздушного судна (ВС), бортового оборудования, диагностирования отказов и формирования управляющих воздействий на всех этапах полета. Постоянное усложнение бортового оборудования не только увеличивает вероятность отказов техники, но и затрудняет деятельность экипажа, являясь причиной дополнительных ошибок пилотирования.

Цель работы – обеспечение приемлемого уровня безопасности полетов в нештатных ситуациях, связанных с непреднамеренным выходом ВС за эксплуатационные границы из-за нарушений функционирования элементов АТ при воздействии внешних возмущений, отказах техники, ошибках пилотирования и их неблагоприятных сочетаниях.

В связи с этим целесообразной и актуальной есть разработка САУ, обладающей свойствами живучести и отказоустойчивости. Для решения поставленной задачи необходимо использование методик моделирования и оценки эффективности работы разработанной системы управления ВС. Математическая строгость применения вычислительных методов позволяет создавать математические модели (ММ), адекватные поведению реального объекта, т.е. достаточно точно и непротиворечиво воспроизводящие характер поведения требуемых параметров [1].

Анализ литературы показал, что современные автоматические системы высокой точности обычно строят на основе комбинированного управления, сочетающего в себе принцип управления по отклонению и по возмущению. Преимущества комбинированных систем управления перед системами регулирования по отклонению состоят в том, что введение в систему дополнительных связей по возмущению не нарушают вида характеристического уравнения, а значит и устойчивости системы.

Комбинированная система автоматического регулирования позволяет одновременно удовлетворять требования автономности и инвариантности регулирования, не нарушая при этом устойчивости системы. В основу принципа комбинированного управления ряда систем могут быть положены явления компенсации возмущений. Математическим

выражением явлений компенсации является принцип инвариантности, т.е. неизменность одной или нескольких регулируемых величин от внешних (непараметрических) возмущений, действующих на систему [2].

Следует отметить, что в пакете Matlab Simulink в стандартном наборе моделей и инструментов **Aerospace Blockset** доступны уже готовые модели пространственного движения ВС, но в них нет возможности отдельно выделить влияние профиля крыла и его механизации на изменение коэффициентов подъемной силы и лобового сопротивления, так же отсутствует возможность введения в систему отказов и отслеживания их влияния на качество переходного процесса, так же, невозможно моделировать взаимодействие различных органов управления между собой.

В результате работы, на основании математической модели движения ВС в среде Matlab Simulink разработана модель системы автоматического управления движением самолета в продольной плоскости. Схема состоит из двух основных каналов: канала управления высотой полета и канала управления скоростью. Рассчитаны и добавлены коэффициенты связи между основными каналами, добавлены дополнительные контуры управления механизацией крыла. Модель учитывает характеристику приводов поверхностей управления. Разработанная схема на данном этапе позволяет качественно оценивать переходной процесс и отражает реакцию ВС в продольной плоскости на влияние возмущений, вызванными основными отказами САУ. С помощью модели возможно проследить качество отработки сигнала изменения высоты или скорости полета ВС при различных конфигурациях профиля крыла, графически отслеживать изменение угла атаки, тангажа и наклона траектории. Существует возможность вводить внешние возмущения, которые описывают влияние горизонтальных и вертикальных порывов ветра.

Из вышесказанного следует, что перед нами стоит задача синтеза системы управления ВС, которая будет оперативно реагировать на отказы АТ и самовосстанавливаться, сводя негативное влияние отказов к приемлемому минимуму. Для решения поставленной задачи исследования проводятся на компьютерной модели системы связанного управления высотой и скоростью полета, разработанной в среде Matlab Simulink с использованием преимуществ комбинированных систем управления и теории инвариантности.

Список литературы

1. Кубланов М.С. Математическое моделирование задач летной эксплуатации воздушных судов на взлете и посадке: [Монография] / М.С. Кубланов. – Москва : РИО МГТУ ГА, 2013. – 270 с.
2. Павлов В.В. Инвариантность и автономность нелинейных систем управления / В.В. Павлов. – К. : Наукова Думка, 1971. – 272 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ

Кошевой Н.Д.¹⁾, Кошевая И.И.¹⁾, Рожнова Т.Г.²⁾

¹⁾*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«ХАИ», ул. Чкалова 17, г. Харьков, Украина, 61070,
kafedraapi@rambler.ru*

²⁾*Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
проспект Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166*

Известен датчик давления с цифровым выходом [1], основанный на использовании фотоэлектрического метода. В нем информация о давлении передается путем перемещения темной жидкости в прозрачной трубке, которая соединяет два сильфона. Это перемещение фиксируется фотоприемниками, которые размещены на выходных торцах световодных жил. Применение волоконно-оптического кабеля дало возможность обеспечить высокую разрешающую способность, но в датчике не скомпенсированы погрешности, связанные с гистерезисом и упругим последствием сильфонов, влиянием вибраций, ударов и температуры.

Датчики давления [2], основанные на использовании фотоэлектрического метода преобразования информации, которая поступает от чувствительного элемента (анероидной или мембранной коробки), путем введения источника света, волоконно-оптического кабеля и волоконно-оптического преобразователя, также имеют перечисленные выше недостатки.

Известен волоконно-оптический датчик давления [3], основанный на способе измерения [4] путем сканирования поверхности мембраны световыми сигналами и приеме отраженных сигналов фотоприемником.

Недостатками датчика являются недостаточная точность измерения давления, а также невозможность получения математических моделей зависимости давления и прогиба мембран от координат размещения торцов световодов, использование которых дает возможность повысить точность измерения давления и точность оценки работоспособности мембран в процессе их испытания.

Разработан волоконно-оптический датчик давления [5], в котором торцы девяти световодов, связанных с девятью светодиодами, размещены в системе координат в соответствии с точками плана ортогонального центрального композиционного планирования (ОЦКП). После того, как микроконтроллер получает девять значений напряжений, он рассчитывает текущие значения давления P_i в каждой точке плана ОЦКП с использованием алгоритма цифровой обработки сигналов, а также их корректировку по показателям цифрового датчика температуры на величину поправки ΔP .

С учетом значений $P_i + \Delta P$ по алгоритму обработки результатов эксперимента, полученных по плану ОЦКП, строится математическая модель

$$P = b_0 + b_1x + b_2y + b_{12}xy + b_{11}x^2 + b_{22}y^2,$$

где $b_0, b_1, b_2, b_{12}, b_{11}, b_{22}$ – коэффициенты математической модели; x, y – координаты точек мембраны, в которых рассчитывается давление.

Для испытания мембраны получается математическая модель зависимости прогибов мембраны от координат x, y

$$f = b_0 + b_1x + b_2y + b_{12}xy + b_{11}x^2 + b_{22}y^2.$$

Применение предложенного волоконно-оптического датчика обеспечивает возможность с большей точностью определять величину давления и оценку работоспособности мембраны за счет использования полученных в процессе работы устройства математических моделей.

Список литературы

1. Пат. №58353А, Україна, МПК G01L 7/06, G01L 7/18. Пристрій для вимірювання тиску / М.Д. Кошовий, О.М. Кошовий, Т.Г. Рожнова (Україна). – №2002129565; Заявл. 02.12.2002; Опубл. 15.07.2003, Бюл. №7. – 3с.: іл.
2. Кошовий М.Д. Датчики тиску з волоконно-оптичними перетворювачами [Текст] / М.Д. Кошовий, Т.Г. Рожнова, В.О. Кунич // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – 2006. – Вип. 43. – Т. 2. – С. 128–132.
3. Пат. №92188, Україна, МПК G01L 11/00, G01L 9/00. Волоконно-оптичний датчик тиску / М.Д. Кошовий, Т.М. Макарюк, Т.Г. Рожнова, В.О. Рожнова (Україна). – № U201400183; Заявл. 13.01.2014; Опубл. 11.08.2014, Бюл. №15. – 3с.: іл.
4. Пат. №91917, Україна, МПК G01L 11/00, G01L 9/00. Спосіб вимірювання тиску / М.Д. Кошовий, Т.М. Макарюк, Т.Г. Рожнова, В.О. Рожнова (Україна). – № U201400173; Заявл. 13.01.2014; Опубл. 25.07.2014, Бюл. №14. – 2с.: іл.
5. Пат. №98865, Україна, МПК G01L 11/00. Волоконно-оптичний датчик тиску / М.Д. Кошовий, Т.Г. Рожнова, В.О. Рожнова, В.В. Ситник (Україна). – № U201412582; Заявл. 24.11.2014; Опубл. 12.05.2015, Бюл. №9. – 4с.: іл.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РІВНЯ РОЗПЛАВУ МЕТАЛУ

Марченко Ю.О., Тополов І.І.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

Метою роботи є аналіз технології ливарного виробництва та розробка підсистеми, яка необхідна для автоматизації процесу контролю рівня розплаву металу у плавильному тиглі, та забезпечення автоматичного завантаження останнього у процесі безперервного лиття металу на невеликих і середніх підприємствах.

Контроль і вимір рівня рідкого металу в проміжному ковші є важливим завданням в процесі безперервного розливання сталі. У разі перевищення металом даного рівня можливий перелив рідкого металу через краї проміжного ковша [1,2,4].

Для вимірювання рівня рідкого металу можна використовувати наступні методи: ваговий, кондуктометричний, індукційний, радіоізотопний, лазерний і радарний. У роботі проведено аналіз існуючих методів виміру рівня розплавленого металу в тиглі, бо вимірювання рівня рідкого металу в проміжному ковші утруднене високою температурою технологічного процесу.

За основу аналізу обрано метод, який є максимально адаптованим до жорстких умов ливарного виробництва й дозволяє одержати мінімальну похибку виміру заданого параметру. Тому для контролю рівня рідкого металу в проміжному ковші необхідно вибрати рівнемір радарного типу, а саме радарний датчик Accu-Wave моделі 1440, вироблений американською компанією Thermo Measure Tech [3]. В основу методу покладено такий алгоритм роботи, при якому буде відбуватися постійний моніторинг показань трьох радарних датчиків рівня. Ці датчики повинні бути розташовані на заздалегідь визначеному початковому рівні зверху плавильного тиглю та позиційовані таким чином, щоб плями контакту скануючого променя випромінювача радарних датчиків на поверхні контрольованого середовища були розташовані на однаковій відстані від центру тигля, а кутовий зсув між ними був 120 градусів. Тоді при отриманні однакових показників від усіх трьох радарних датчиків та підтвердження від термоперетворювача, встановленого на плавильному тиглю, показників, які свідчать про необхідну температуру розплаву, можна бути певним, що весь брухт металу розплавлений і показники радарних датчиків можна перерахувати в рівень розплаву. Подалі, якщо чинного рівня достатньо, продовжити техпроцес, якщо ні, провести довантаження.

Використання радарного датчика оснащеного рупорним відбивачем і термо-ізолюючими екранами, зумовлено здатністю останнього вимірювати

рівень агресивних середовищ в широкому температурному діапазоні. В даний час в радарних системах контролю рівня застосовуються переважно дві технології: з безперервним частотно – модульованим випромінюванням (FMCW – frequency modulated continuous wave) і імпульсним випромінюванням сигналу. Ідеальними для рівнеміра FMCW є умови, коли поверхня контрольованого середовища має досить велику площу, а сам резервуар повністю вільний від будь-яких внутрішніх конструктивних елементів. Однак реальні умови сильно відрізняються від ідеальних і вносять додаткові проблеми. У радарах імпульсного типу використовується метод визначення відстані, заснований на безпосередньому вимірі часу проходження НВЧ – імпульсу від випромінювача до контрольованої поверхні і назад. Радарні рівнеміри імпульсного типу мають ряд переваг перед пристроями, що використовують технологію FMCW. Застосування радарного датчика Accu-Wave забезпечує вимірювання рівня рідкого металу з високою точністю.

Застосування радарного датчика Accu-Wave з високотемпературної рупорної антеною 6 "забезпечує вимірювання рівня рідкого металу з точністю ± 5 мм. Датчик Accu-Wave має як аналоговий вихідний сигнал 4-20 мА для підключення до аналогового приладу, так і цифровий вихідний сигнал HART, за допомогою якого можливе підключення датчика до HART-комунікатора або персонального комп'ютера.

Також розроблена технологічна оснастка у вигляді карусельного транспортеру, яка з мінімальними змінами штатного обладнання буде забезпечувати процес автоматичного наповнення плавильного тиглю з контролем рівня завантаження.

Розроблена підсистема контролю завантаження тиглю та рівня розплаву металу допоможе автоматизувати частину процесу ливарного виробництва та якомога зменшити зайнятість людини у небезпечному виробництві.

Список літератури

1. ССБТ. Допустимі рівні напруги дотиків : ГОСТ 12.1.038-88:2008.
2. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы / Преображенский В.П. – Москва : “Энергия”, 1978. – 378 с.
3. Accu-Wave Radar Gauge. Radar-Based Continuous Level Measurement. Режим доступу: www.micropribor.com.ua/
4. Базакуца В.А. Фізичні величини та їх одиниці : [навч. посібник] / В.А. Базакуца, О.П. Сук/ – Харків : ХДПУ, 1988. – 308 с.

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАТУРАЛЬНОГО КОФЕ

Опрышкина М.И., Бакоян М.Д.
*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

Кофе относится к группе ценного и дорогостоящего растительного сырья. В мире существует около восьмидесяти разновидностей кофейного дерева, из которых особое место занимают Арабика и Робуста.

Арабика – основной вид кофе во всем мире. К этому виду относятся три четверти всего мирового товарооборота кофе.

Робуста – второй по популярности вид кофе. В зависимости от сочетания температуры и времени обжаривания можно выделить слабую, среднюю, сильную и высшую степень обжарки.

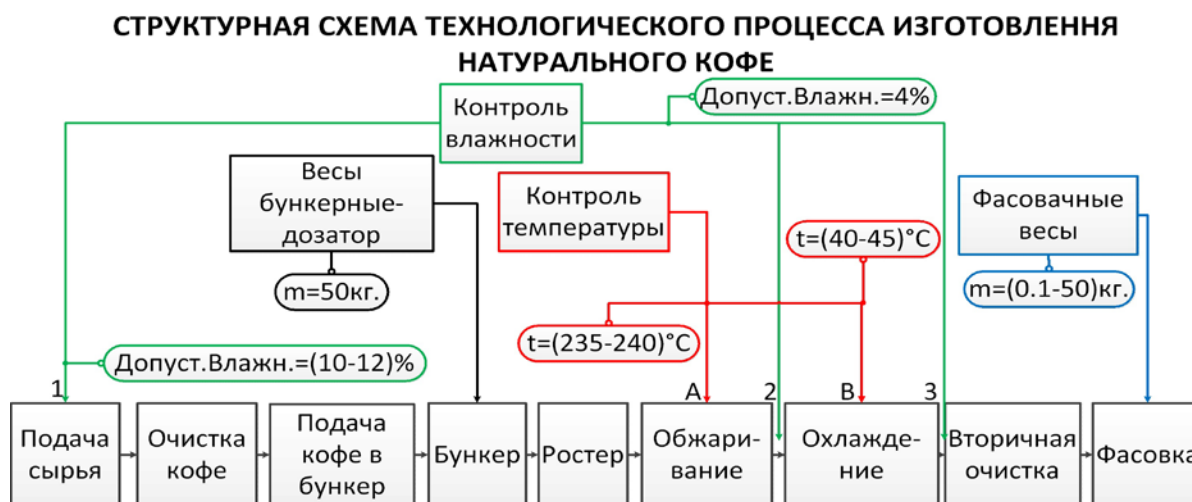
Контроль температуры и влажности важен для достижения определённых результатов, например при контроле температуры возможно получить разную степень прожарки кофе. А контроль влажности обеспечивает отличные вкусовые качества и не даёт кофейным зернам сгореть. Несовершенство техники для обжарки зерен кофе отражается на качестве выпускаемой кофейной продукции, создает дополнительные технологические затруднения при соблюдении режимов обжарки, вызывает необходимость введения вспомогательных операций для достижения требуемого качества готовой продукции, что приводит к увеличению себестоимости продукта. Актуальность проведения качественного процесса обжарки зерен кофе еще более очевидна, если учесть, что переработке подлежит импортное сырье, которое в виду сложившейся конъюнктуры на мировом рынке не всегда соответствует необходимым требованиям и его исходный состав изменяется в широких пределах. В этой связи возникает необходимость проведения обжарки зерен кофе в оптимальных режимах, при которых технологические параметры процесса должны изменяться в зависимости от показателей качества поступающего на переработку сырья. При этом конструкции обжарочных аппаратов должны быть максимально адаптированы к оптимальным условиям проведения процесса обжарки, обусловленных экономической целесообразностью и получением кофепродуктов высокого качества. При выборе оптимальных режимов обжарки кофе особое внимание следует уделить величине угара и расходу сырья на единицу готовой продукции. От режимов обжарки сырых зерен кофе зависят качественные показатели готовой продукции и цена. Благодаря контролю температуры, влажности и времени обжарки, обеспечивается качественный технологический процесс, что способствует улучшению

вкусовых и ароматических свойств кофе. На качество кофе влияет исходное сырье, условия его хранения, транспортировки, обработки, влажность и прочие факторы. Каждая компания-ростер выбирает свою оптимальную температуру и время обжарки. Время обжарки может варьироваться от 40 секунд до 15 -20 минут, а температура от 200° до 880°С.

Обжаривание кофе бывает 3 видов:

1. Тепловое – (контактное и конвективное).
2. Диэлектрическое – осуществляется с помощью СВЧ-энергии.
3. Радиационное.

Когда кофе поступает на производство, влажность измеряют цифровым микроволновым датчиком – Hydro-Probe ХТ. Влажность должна быть в пределах от 10 – 12%. Контроль температуры осуществляется с помощью платинового термометра сопротивления установленного в специальное отверстие дверцы ростера. Во время обжарки влажность зерен уменьшается до 2,0...2,5 %. Переработка кофе с такой низкой влажностью приводит к сильному дроблению зерна и образованию большого количества пылевидной фракции, что нежелательно. При влажности 3,5 – 4 % зерно становится более пластичным. После охлаждения снова замеряют показания влагомера, влажность должна быть в пределах 3,9 – 4,1%. Моменты в которые производят контроль, представлены на рис.1.



Контроль влажности : 1.Контроль влажности при поступлении сырья. 2. Контроль влажности после обжарки. 3.Контроль влажности после охлаждения.Контроль температуры: а) Контроль при обжарке. б) Контроль при охлаждении.

Рисунок 1– Структурная схема технологического процесса изготовления натурального кофе

СЕРТИФІКАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УКРАЇНІ

Ордець К.М.¹⁾, Тверитникова О.Є.²⁾

¹⁾*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002, ekaterina-ordec@mail.ru*

²⁾*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002*

На сьогоднішній день важко уявити життя людей без транспорту. Сучасний ритм життя робить автомобіль незамінним та оптимальним засобом пересування. Оскільки сфера використання транспортних засобів безпосередньо впливає на здоров'я людини і стан довкілля, потрібне спеціальне регулювання з боку держави. Саме завдяки сертифікації забезпечується гарантія безпеки транспортних засобів, які надходять на територію України [1].

Дана проблема висвітлена у роботі В. Гриценюка «Сертифікат для іномарки» [2]. Теоретичні засади проблеми розкрито А.І. Рябчинським у посібнику «Основи сертифікації. Автомобільний транспорт», В.І. Павлової та Н.В. Афанасьєвої у навчальному посібнику «Основи стандартизації, сертифікації, метрології та ліцензування на автомобільному транспорті». Статті, присвячені цьому питанню, видаються у збірках, журналах, таких як «Стандартизація, сертифікація, якість», «Якість життя», «Методи оцінки відповідності», «Сертифікація» тощо.

Метою роботи є розгляд і вивчення проведення сертифікації транспортних засобів в Україні та її важливості для населення та навколишнього середовища.

Як показує вітчизняна та зарубіжна практика, одним з методів, що має найбільш ефективний вплив на діяльність підприємств автомобільного транспорту є сертифікація [3]. Сертифікація транспортних засобів – це обов'язкова процедура під час виробництва, імпорту та переобладнання транспортних засобів. Здійснюється вона з метою запобігання реалізації продукції, небезпечної для життя, здоров'я та майна громадян і навколишнього середовища [4]. Отримання сертифіката відповідності контролюється Державною митною службою (при ввезенні транспортних засобів на територію України), Державною автомобільною інспекцією (при першій реєстрації транспорту), а також іншими профільними державними органами [5].

Почалася сертифікація ще у 1958 році, коли в Женеві було прийнято міжнародну угоду про сертифікацію транспортних засобів, що об'єднала 26 країн. Ще у 1984 році наказом № 585 Мінавтопром колишнього СРСР запровадив сертифікацію. У лютому 1995 року Держстандартом України наказом № 44 було запроваджено з 1.01.1996 року обов'язкову сертифікацію транспортних засобів, а з 1.07.96 – їх складових частин [6].

29 травня 2015 року Міністерство економічного розвитку і торгівлі оприлюднило наказ, у якому скасовується обов'язкова сертифікація транспортних засобів з 1 січня 2016 року. Споживачів тепер турбує головне питання: чи будуть автомобільні засоби якісні та безпечні? Автомобілі якої якості будуть надходити до нашої держави?

Розглянемо більш докладно сертифікацію транспортних засобів в Україні. Перелік вимог, за якими здійснюється перевірка, становить 12 критеріїв: гальмівні якості або системи; установка засобів освітлення та світлової сигналізації; вимоги до конструкції автобусів; вимоги до дорожньо-транспортних засобів малої місткості; конструкція задніх захисних приладів; зовнішні виступи легкових автомобілів; безпечне скло; викид забруднюючих газоподібних речовин; димність відпрацьованих газів транспортних засобів; зовнішній шум; внутрішній шум; рівень радіоперешкод [7].

Контроль в Україні м'якше та кількість оцінюваних параметрів набагато менше, ніж у Європі. Всього 12, проти 45-100 параметрів тестування за євростандартами.

Отже, скасування обов'язкової сертифікації автомобілів, насамперед, буде вигідним для кінцевого споживача, тому що витрати на цю процедуру заклалися у вартість машини [8]. Не потрібно здійснювати пересертифікацію в системі УкрСЕПРО та сплачувати її. Приймається сертифікат типу виробника, який отримано на підставі суттєво більш суворих перевірок. Якість продукції, що надходитиме до країни не погіршиться, а головні критерії безпеки та екологічності будуть виконані.

Список літератури

1. Салухіна Н.Г. Стандартизація та сертифікація товарів і послуг. Сертифікація дорожніх транспортних засобів, їх складових та приладдя. Режим доступу: <http://libfree.com>.
2. В. Гриценюк «Сертифікат для іномарки». Режим доступу: <http://www.volyn.com.ua/?arch=1145&article=1&rub=7>.
3. Сертифікація транспортних засобів. Режим доступу: <http://eximp.com.ua/sertifikaciya-transportnuh-sredst/01.html>.
4. Сертифікація транспортних засобів (сертифікат ДТЗ). Доступ до ресурсу: <http://cbaua.com/ua/sertifikat-vidpovidnosti-na-dtz>.
5. Сертифікат відповідності на автомобіль. Режим доступу: <http://nnn210.com.ua/articles/sertifikat-sootvetstviya-na-avtomobil.html>
6. Журнал «Автоцентр» №14. Сертифікація автомобілів. Режим доступу: <http://www.autocentre.ua/ac/practice/auto-business/sertifikatsiya-avtomobiley-10539.html>.
7. Сертифікація транспортних засобів. Режим доступу: <http://www.himsite.ru/annonce/114>.

КВАНТОВІ ЕФЕКТИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В МЕТРОЛОГІЇ

Павленко Ю.Ф.¹⁾, Чуніхіна Т.В.²⁾

¹⁾ННЦ «Інститут метрології»,

вул. Мироносицька, 42, м. Харків, Україна, 61002

²⁾Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002, tetianactv@ukr.net

Система одиниць фізичних величин, яка ґрунтується на механічних вимірюваннях і еталонах, подібних до платино-іридієвого еталона метра, поступово, але невідступно відходить у минуле. Вона замінюється новою системою, що спирається на атомні і квантові явища, де за еталон приймаються досліджені стабільні фізичні явища і сталі (константи).

В статті розглядаються квантові ефекти, які вже знайшли використання в метрології, а також перспективи подальшого розвитку методології вимірювань, що базується на квантових явищах

Науковою основою квантової метрології є квантова механіка.

М. Планк, якого слід вважати засновником квантової теорії, запропонував розглядати електромагнітну енергію як дискретну, тобто таку, що може передаватись тільки окремими, хоча і дуже малими порціями (квантами)

$$E = h\nu, \quad (1)$$

де E – порція (квант) енергії електромагнітного випромінювання;

ν – частота випромінювання;

h – коефіцієнт пропорційності, який одержав згодом назву сталої Планка.

Можна сказати, що використання співвідношення (1) і стабільної частоти випромінювання (поглинання) при атомних переходах є основним методом квантової метрології, на якому створені квантові генератори радіо - і оптичного діапазонів, сучасні еталони часу і довжини.

Іншим явищем, яке використовується у квантовій метрології, є тунелювання електронів через потенційний бар'єр. Дослідження цього явища привело до відкриття ефекту Джозефсона і до створення на його основі еталонів постійної напруги [1]. Основне рівняння цього ефекту має вигляд

$$U_{\text{Дж}} = n \frac{hf_0}{2e}, \quad (2)$$

де $\frac{2e}{h} = K_{\text{Дж}}$ – стала Джозефсона; $n = 1, 2, 3, \dots$ ціле число, e – елементарний заряд, f_0 – частота опромінення в ефекті Джозефсона.

Ще одним явищем, яке пояснюється лише з позицій квантової механіки, є квантування залежності електричного опору структури метал – діелектрик – напівпровідник від індукції прикладеного магнітного поля в

умовах наднизьких температур (квантовий ефект Холла). Використання цього ефекту дозволило отримати реперні значення електричного опору і створити квантовий еталон ома [2].

До фізичних ефектів, які використовуються у квантовій метрології, слід також віднести ефект ядерного магнітного резонансу (ЯМР) та ефект “одноелектронного тунелювання” або ефект Ліхарева.

Метод, що ґрунтується на ефекті Джозефсона, дозволяє з використанням сучасних технологій відтворити напругу постійного струму в діапазоні до 10В з невизначеністю $10^{-8} - 10^{-9}$. Ряд країн, зокрема, Україна, створили первинний еталон вольту з використанням цього ефекту.

Ефект Джозефсона є також перспективним для відтворення напруги змінного струму за допомогою таких вимірювальних технологій, як синтез відліків постійної напруги з використанням динамічних програмованих матриць, опромінення імпульсами зі змінною частотою повторення [3].

Квантовий ефект Холла і створені на його основі еталони дозволяють відтворювати дискретні реперні значення електричного опору з невизначеністю на рівні $(1 - 3)10^{-8}$.

На базі “квантових вольту і ома” може бути відтворений “квантовий ампер” з невизначеністю близько $(1 - 2)10^{-7}$.

Ефект ядерного магнітного резонансу використовується для відтворення одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля (Тесла) з невизначеністю близько $1 \cdot 10^{-6}$.

На сьогодні офіційно сформульовано визначення в системі SI і прийнято методику відтворення двох основних одиниць – секунди і метра – через квантові явища і відповідні фізичні сталі, що дозволило суттєво підвищити точність їх відтворення і доступність широкому колу метрологів.

Наслідком використання квантових ефектів є зміна методології відтворення ряду одиниць, що, в свою чергу, веде до необхідності їх перевизначення в системі SI.

Список літератури

1. Josephson B. // Phys. Lett. – 1962. – V. 1. – P. 251.
2. Klitzing K. New method for high accuracy determination of the fine structure constant based on quantized-Hall resistance / K. Klitzing, G. Dorda, M. Pepper // Phys. Rev. Lett. – 1980. – V. 45. – №6. – P. 494-497.
3. Павленко Ю.Ф. Перспективи квантової метрології [Текст] / Ю.Ф. Павленко, В.В. Анікін, Н.М. Маслова. // Український метрологічний журнал, 2011. – Вип. 4. – С. 21-26.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ВИТОКІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Піндус Н.М., Винничук А.Г.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Нафтогазова промисловість, як окрема галузь паливно-енергетичного напрямку економіки держави, визначає енергетичну міць України, оскільки у загальному обсязі споживання енергії переважає використання природного газу[1].

Визначення величини втрат природного газу в схемах газопостачання в умовах обмеженості енергоресурсів, їх зростаючої вартості, збільшенні учасників газового ринку набуває важливого значення.

Структура втрат природного газу в газотранспортній мережі за причиною їх появи наступна:

– втрати в газорозподільних мережах за рахунок негерметичності підземної і внутрішньо-будинкової частини газорозподільних газопроводів населених пунктів;

– втрати в газорозподільних мережах за рахунок негерметичності підземної частини газопроводів;

– втрати в газорозподільних мережах за рахунок негерметичності в схемах газопостачання підприємств.

Виявлення та усунення втрат природного газу включає широкий спектр організаційних, технічних, технологічних та метрологічних задач, розв'язання яких здійснюється впровадженням організаційних заходів, спрямованих на забезпечення мінімізації втрат газу, а також комплексу технічних рішень щодо забезпечення високої точності та вірогідності обліку газу на всіх етапах транспортування.

У напрямку аналізу теоретичних і практичних розробок експрес-методів вимірювання витрати газу варто зупинитись на розробці фахівців ПАТ „Львівгаз” у співдружності з науковцями Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу портативного пристрою для бездемонтажного діагностування ПЛГ на місці експлуатації у відповідності з вимогами [3], який характеризується суттєвим розширенням діапазону вимірювання як в сторону мінімальних діагностованих витрат, так і в сторону великих витрат. Розроблений пристрій фактично синтезує рішення згідно вимог документів і характеризується діапазоном контрольованих витрат (0,04...6) м³/год, границею основної допустимої похибки (теоретично розраховане значення) – ±3%.

Фахівцями університету нафти і газу і ДП „Івано-Франківськстандартметрологія” (м.Івано-Франківськ) запропоновано нове

технічне рішення установок [2], якій були би властиві всі переваги вимірювання критичними витратами і водночас було б можливим її функціонування в мережах низького тиску, чим досягається повірка засобів обліку газу, які експлуатуються відповідно при низьких тисках.

Принцип дії повірочної установки полягає в безпосередньому порівнянні показів послідовно змонтованих досліджуваного приладу і еталонного засобу вимірювання об'єму чи витрати газу. Основними інформативними параметрами повірочної установки є значення абсолютного тиску і абсолютної температури газу перед критичним соплом, які визначають масову витрату.

Серед новітніх технічних рішень, за допомогою яких відкриваються можливості як повірки ПЛГ так і їх метрологічного забезпечення на заводах-виготовлювачах можуть бути мобільні повірочні установки на базі критичних сопел для приладів обліку газу в мережах низького тиску [4]. Однак широкого практичного застосування до теперішнього часу в Україні такі діагностувально-повірочні установки не набули, оскільки для їх функціонування потрібне суттєве (близько дворазове) перевищення абсолютного тиску на вході критичного сопла порівняно з тиском на його виході.

У ПАТ «Одесагаз» для вимірювання об'єму витоків природного газу використовується метод на основі технології каліброваного мішка [5].

У ПАТ «Івано-Франківськгаз» розроблено методику виконання експрес-контролю витрати природного газу в трубопроводах за допомогою усереднюючих напірних трубок та метод виявлення витоків природного газу в газорозподільних мережах, який ґрунтується на балансі між вимірним об'ємом газу, вузлом обліку газу ГРС, дублюючим після ГРС, вузлом обліку по напрямку, вузлом обліку в ГРП, мобільним вузлом обліку газу за сумарним об'ємом газу спожитого підприємствами, абонентами, які охоплені відповідним вузлом обліку газу.

Використання запропонованих методів виявлення витоків природного газу в газорозподільних мережах забезпечує мінімальні втрати транспортування природного газу по області чи місту

Список літератури

1. Гончарук М.І. Рациональне використання природного газу як одна із складових збереження його ресурсів [Текст] / М.І. Гончарук, С.А. Чеховський, О.Є. Середюк // Нафтова газова промисловість. – 2005. – № 2. – С. 3-10.

2. Декларацийний пат. 54316 А Україна, МКВ G01F25/00. перевірна установка / І.С. Петришин, О.Є. Середюк (Україна). – №2002076003; Заявл. 19.07.02; Опубл. 17.02.03. – 3с.

3. Строй А.Ф. Комерційні втрати газу та шляхи їх скорочення [Текст] / А.Ф. Строй, О.В. Ковальов // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – №6. – С. 49-51.

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ОСНОВНИХ ВУГЛЕВОДНЕВИХ КОМПОНЕНТ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В СИСТЕМАХ ОЦІНЮВАННЯ ТЕПЛОТВОРНОЇ ЗДАТНОСТІ ГАЗОВОЇ СУМІШІ

Романів В.М., Чеховський С.А., Улінчук Р.М.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
вул.Карпатська,15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019,*

<http://nung.edu.ua>

Однією із основних енергетичних характеристик природного газу є його теплотворна здатність, яка безпосередньо залежить від концентрації його вуглеводневих компонент (метан, етан, пропан та вищі). Вони орієнтовно складають 98-99% газової суміші і вносять найбільшу вагу в її теплотворну здатність. Оперативний контроль за компонентним складом природного газу є особливо важливим для великих металургійних, хімічних підприємств та підприємств із великим споживанням газу, що зумовлено необхідністю оптимізації технологічних схем та процесів, а також для проведення енергоаудиту та розроблення заходів з енергозбереження[1].

В умовах облгазів контроль за якісними характеристиками природного газу здійснюється шляхом відбору проб з подальшим визначенням на стаціонарному хроматографі кожні 10 діб. Вважалось, що в період часу між вимірами теплотворна здатність природного газу суттєво не змінюється. Однак при подобовому аналізі було встановлено зміну компонентного складу і, як наслідок, теплотворної здатності газової суміші в межах до 160 ккал. Отже, безперервний моніторинг компонентного складу природного газу є актуальним завданням в умовах зростання вартості енергоресурсів.

У роботах [2,3] запропоновано удосконалення одного із оптичних методів інфрачервоної спектроскопії, яке полягає у застосуванні трикувєтної схеми визначення основних горючих складових природного газу на основі використання кільцевидної кювети для визначення частки одного компонента у газовій суміші. Для оперативного вимірювання основних горючих компонент природного газу і розрахунку його теплотворної здатності, безпосередньо у трубопроводі, без попередньої підготовки проб у роботі [4] запропоновано вимірювати такі основні компоненти (CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8) на основі прямих вимірювань. При аналізі паспортів на газ було встановлена кореляційна залежність між пропаном C_3H_8 та бутанами, пентанами та гексанами в межах від 0,92 до 0,74. Тому для реалізації запропонованого удосконалення було розроблено методику для адаптивного оцінювання вуглеводневих компонент природного газу (бутану, пентану, гексану) на основі вимірюваних компонент (CH_4 , C_2H_6 ,

C₃H₈) та попередньо одержаних статистичних даних аналізу компонентного складу хроматографічним методом.

Запропонований підхід реалізується на основі статистичних даних, попередньо отриманих на основі експериментальних досліджень компонентного складу хроматографічним методом, на конкретному замірному вузлі. Із застосуванням селективного фрагментарного опрацювання даних сумісно з методом медіанних центрів з подальшим розрахунком функцій степеневого полінома для отримання наближених значень вищих вуглеводневих компонент природного газу[5]. Такий підхід дозволяє підвищити точність визначення компонент їх швидкодію та селективність.

Доцільно зазначити, що використання операції вибору медіанного з групи трьох спостережень дозволяє уникнути впливу грубих похибок та промахів при незначних обчислювальних затратах у випадку програмної реалізації запропонованої методики.

Список літератури

1. Энергосбережение. Методика определения энергоемкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах: ГОСТ Р 51750-2001. – [Действует от 2002-01-01]. – М.: ИПК изд-во стандартов, 2004. – 29 с.

2. Патент 28992 Україна МПК (2006) G 01 № 21/00. Багатоканальний потоковий інфрачервоний газоаналізатор / Чеховський С. А., Романів В. М., Ващишак С. П., Ващишак І. Р. – № u2007 10407 ; заявл. 19.09.2007 ; опубл. 25.12.2007, Бюл. № 21.

3. Удосконалення оптичного методу контролю визначення енерговмісту природного газу [Текст] /В. М. Романів // Науковий вісник Івано-Франківського національного університету нафти і газу. – 2013. - № 1(34). – С. 179-187.

4. Романів В.М. Цифрова система оцінювання енергетичних параметрів природного газу за поглинаючою здатністю ІЧ-випромінювання його компонентами / Романів В.М., Мельничук С.І. // Сборник научных трудов SWorld. – Выпуск 3. Том 6.-Иваново: Маркоза АД.2013.-ЦИТ:313-1121. – С.87-97.

5. Романів В.М. Методика адаптивного оцінювання вищих вуглеводневих компонент природного газу зі статистичним розширенням інформаційної бази / В.М. Романів, С.І. Мельничук //Системи обробки інформації. –Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015. – Вип. 6(131). – С. 127-130.

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Тверитникова О.Є.¹⁾, Коржов І.М.²⁾

¹⁾ *Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002*

²⁾ *Державне підприємство «Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації», м. Харків, Korgiov_igor@mail.ru*

Особливої актуальності в умовах зростання цін на основні види енергоресурсів набуває питання енергоефективності. Провідне місце займає ця проблема і при визначеності конкурентоспроможності промисловості. Існують різні шляхи зменшення споживання електричної енергії і вибір залежить від багатьох зовнішніх чи індивідуальних факторів. Але існує лише один ефективний метод контролю споживання електроенергії, а саме використання автоматизованої системи обліку електроенергії (далі – АСОЕ). АСОЕ дозволяють оперативно контролювати споживання електричної енергії з різних точок обліку, які у більшості випадків рознесені у просторі. Також до переваг АСОЕ слід віднести можливість контролю часових тарифних зон, відсутність похибки операторів при зчитуванні інформації, можливість точного визначення сумарного споживання електричної енергії за будь який період часу.

До недоліків слід віднести більш складне метрологічне забезпечення та більшу вартість в порівнянні з простими лічильниками електроенергії.

Мета статті полягає у дослідженні особливостей метрологічного забезпечення АСОЕ в Україні та напрямів зниження його вартості.

Як зазначено у [1] АСОЕ поділяють на автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (далі – АСКОЕ) та автоматизовані системи технічного обліку електроенергії (далі – АСТОЕ). Головна різниця між АСКОЕ та АСТОЕ полягає в їх призначенні, так АСКОЕ призначена для комерційних розрахунків за електроенергію, а АСТОЕ для внутрішнього контролю споживання електричної енергії. При цьому у рамках фізично єдиної АСОЕ можуть водночас існувати АСКОЕ та АСТОЕ, це можливо в наслідок використання єдиної системи обліку як для комерційних розрахунків так і для технічного контролю, при цьому вимірювальні канали, які не використовуються для комерційного обліку проходять метрологічну атестацію або перевірку виключно за бажанням власника. З технічного погляду різниці між АСКОЕ та АСТОЕ не існує, але це не зовсім так, тому що АСКОЕ підпадає під державний метрологічний нагляд, що призводить до стандартизації вимог до технічних параметрів таких систем. На даний час по відношенню до

АСКОЕ діють досить велика кількість різноманітних нормативних та правових документів, серед яких необхідно зазначити [2-6].

У той же час слід пам'ятати, що АСОЕ є інформаційно-вимірювальними системами (далі – ІВС) на які розповсюджується дія відповідних нормативних документів. АСОЕ як й ІВС, притаманне індивідуальне виготовлення для замовника-користувача системи, незважаючи на це існує типова методика перевірки таких систем, а саме [7]. Також у інструкції [7] наведено узагальнений поділ вимірювальних каналів АСКОЕ на три групи, в залежності від їх структури, що обумовлює різний підхід при проведенні їх перевірки, що робить цей документ універсальним, та дає змогу його застосування по відношенню до більшості АСКОЕ та АСТОЕ.

Отже, для більш ефективного метрологічного забезпечення АСОЕ необхідно використовувати діючі нормативні документи. Такий підхід надає можливість значно зменшити вартість та удосконалити процес виготовлення, експлуатації, а також метрологічне забезпечення на всіх етапах життєвого циклу АСОЕ.

Список літератури

1. Автоматизовані системи обліку електричної енергії. Загальні положення : ДСТУ 5003.1:2008. – [Чинний від 2010–01–01] . – Київ : Держспоживстандарт України, 2008. – 14 с. – (Національний стандарт України).

2. Концепція побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку, затверджено наказом Мінпаливенерго, НКРЕ, Держкоменергозбереження, Держстандарту, Держбуду, Держпромполітики від 17.04.2000 № 32/28/28/276/75/54.

3. Закон України «Про електроенергетику», № 575/97-ВР, редакція від 01.01.2015.

4. Правила користування електричною енергією у редакції від 07.05.2010, затверджено постановою Національною комісією з питань регулювання електроенергетики України № 28 від 31.07.96.

5. Автоматизовані системи обліку електричної енергії. Структур, функції та види забезпечення. Основні положення. ДСТУ 5003.3-1:2008. – [Чинний від 2010–01–01] . – Київ : Держспоживстандарт України, 2008. – 18 с. – (Національний стандарт України).

6. Автоматизовані системи обліку електричної енергії. Забезпечення сумісності. Основні положення. ДСТУ 5003.4-1:2008 – [Чинний від 2010–01–01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2008. – 14 с. – (Національний стандарт України).

7. МПУ 019/08-2003 Інструкція. Метрологія. Вимірювальні канали в комплексах технічних засобів автоматизованого обліку електричної енергії. Методика перевірки.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ННЦ «ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ»

Тимошенко В.О., Павленко Ю.Ф.
*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

Стремление Украины наладить торгово-экономические связи с Америкой и Европой, требует внедрения новых стандартов и технических регламентов в организациях и предприятиях. Это даст возможность украинским компаниям конкурировать с иностранными на международном рынке.

Конкурентоспособность – способность субъекта (предприятий, организаций, товаров, услуг и др.) конкурировать с аналогичными субъектами на рынке [1]. Основными факторами конкурентоспособности являются цена и качество. Причем, в последние годы качеству уделяют больше внимания, так как этот фактор свидетельствует о повышении уровня жизни, экономической, социальной и экологической безопасности. Качество – это степень соответствия совокупности присущих продукции характеристик современным требованиям.

Качество продукции достигается благодаря многим факторам, которые охватывают все уровни предприятия: от высшего руководства до низших звеньев, и которые постоянно совершенствуются. Для улучшения и контроля качества продукции Техническим комитетом 176 (ТК 176) [Международной организации по стандартизации](#) разработана серия стандартов ISO 9000, в которых заложены идеи и положения теории всеобщего менеджмента качества [2]. Разработка и внедрение системы менеджмента качества (СМК) гарантирует, что потребители получат продукцию и услуги стабильно хорошего качества, что в свою очередь, откроет выход на международный рынок.

ННЦ «Институт метрологии» проводит исследовательские и опытно-конструкторские работы в сфере метрологии, выполняет работы по обеспечению единства измерений, в частности создает и эксплуатирует государственные эталоны единиц измерений, разрабатывает нормативные документы в сфере метрологии и стандартизации, проводит сертификацию систем управления, продукции, персонала калибровочных и измерительных лабораторий, занимается разработкой технических регламентов и стандартов.

ННЦ «Институт метрологии» также занимается разработкой, конструированием и изготовлением средств измерительной техники для атомных электростанций (АЭС) и средств метрологического обеспечения измерительных систем АЭС и др [4].

Для предоставления продукции для государственного предприятия «Национальная атомная электрогенерирующая компания «Энергоатом», необходимо периодически, согласно Стандартам Компании, подтверждать эффективность функционирования системы управления качеством. Последний аудит системы управления качеством на соответствие требованиям стандарта ISO 9001 был проведен в 2014 году[4].

Впервые СМК в ННЦ «Институт метрологии» была разработана и внедрена в 2003 году, что позволило контролировать деятельность по отношению к качеству и повысить результативность.

23 сентября 2015 года вышла новая редакция международного стандарта ISO 9001:2015. Но официальный перевод и/или новый ДСТУ ISO 9001 скорее всего выйдет в 2016 году. Как показывает практика, украинские ДСТУ идентичны европейским стандартам. А это значит, что с 2016 года начинается трехлетний переходный период применения новых требований стандарта, т.е. ННЦ «Институт метрологии» необходимо будет усовершенствовать свою СМК согласно требованиям и новшествам ISO 9001:2015.

Главными отличиями ISO 9001:2015 от 2008 года являются не только структура документа и введение новых терминов, но и замена предупреждающий действий на анализ и управления рисками, что необходимо проанализировать и внести соответствующие изменения в СМК ННЦ «Институт метрологии».

Список литературы

1. Конкурентноспособность [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://ru.wikipedia.org/wiki/Конкурентноспособность>
2. ISO 9000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/ISO_9000
3. Системи управління якістю. Вимоги : ДСТУ ISO 9001:2009.
4. Интегрированная система управления качеством ННЦ «Институт метрологии» – неотъемлемая составляющая деятельности организации / Т.В.Лукашева, П.И.Неежмаков, В.Л.Постникова, В.А.Стрелец // IX МНТК «Метрологія та вимірювальна техніка»(Метрологія - 2014).-2014.-С 60 - 63
5. Теоретические аспекты системы менеджмента качества на предприятии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: knowledge.allbest.ru/.../2c0b65625a2bd78a4c43a88421206d26_0.html
6. Корягина К. А. Новая версия международного стандарта ISO 9001:2015 [Текст] / К. А. Корягина // Проблемы и перспективы экономики и управления: материалы III междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, декабрь 2014 г.). – СПб.: Заневская площадь, 2014. – С. 175-179.

ВІРТУАЛЬНИЙ ВИПРОБУВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС НА БАЗІ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ LabVIEW

Хіхло О.Ю., Тверитникова О.Є., Хіхло О.В.
НТУ «ХП», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

В останні роки у вимірювальних лабораторіях спостерігається тенденція впровадження віртуальних приладів на базі розробок американської компанії National Instruments, які добре зарекомендували себе за різними показниками. Зокрема, найбільш привабливим є заміна дорогих вимірювальних пристроїв віртуальними приладами, що забезпечують необхідну якість лабораторних досліджень.

Мета статті дослідити можливість використання засобів програмного пакету LabVIEW для створення віртуального випробувального комплексу.

Технологія віртуальних вимірювальних приладів об'єднує в єдину систему вимірювально-керуючі апаратні засоби, прикладне програмне забезпечення та комп'ютерні технології. Таке поєднання може застосовуватися для створення системи контрольно-вимірювальних приладів з метою розробки навчальних лабораторних практикумів, а також для наукових досліджень.

Проблеми випробувань електронної апаратури виникають при необхідності виконати і обробити великий обсяг вимірювальної інформації або провести якісні випробування великої кількості серійної продукції.

Рішенням даної проблеми може бути автоматизація випробувального комплексу за допомогою комп'ютера, при якій достовірність результатів істотно підвищується.

Завдяки наявності в складі комплексу комп'ютера і зручного програмного забезпечення адаптованого Windows з'являється можливість повної заміни ручної роботи на автоматизовану. Автоматизована система має такі переваги:

- прискорюється процес випробувань;
- з'являється можливість швидкого отримання достовірної статистичної інформації;
- результати роботи можуть бути представлені в наочній формі у вигляді графіків і звітів з результатами випробувань на кожний виріб.

Сучасні засоби розробки прикладного програмного забезпечення надають широкий вибір інструментів. Ці засоби дозволяють створювати користувацькі програми безпосередньо на стандартних мовах програмування, наприклад C/C ++, Basic, а також за допомогою спеціальних бібліотек, які є основою ряду інструментальних програмних засобів. Пакети для розробки прикладного програмування для систем автоматизації за своїм основним призначенням поділяються на дві основні групи:

- пакети програм LabVIEW, Measurement Studio, LabWindows / CVI, Agilent VEE орієнтовані, в основному, на використання в системах

автоматизації лабораторного експерименту і випробувань, хоча можуть застосовуватися і при створенні інших додатків, не пов'язаних із взаємодією з вимірювально-керуючим обладнанням;

- пакети LabVIEW / DSC, Lookout, InTouch, «Трейс Моуд» призначені для створення прикладного програмного забезпечення в автоматизованих системах управління технологічними процесами і промислової автоматики.

- LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) дозволяє розробляти прикладне програмне забезпечення для організації взаємодії з вимірювальною і керуючою апаратурою, збору, обробки і відображення інформації та результатів розрахунків, а також моделювання як окремих об'єктів, так і автоматизованих систем в цілому.

На відміну від текстових мов, таких як C, Pascal та ін., де програми складаються у вигляді рядків тексту, в LabVIEW програми створюються у вигляді графічних діаграм, подібних звичайним блок-схемам. Іноді можна створити додаток, взагалі не торкаючись до клавіатури комп'ютера.

LabVIEW є відкритою системою програмування і має вбудовану підтримку програмних інтерфейсів, таких як Win32 DLL, COM.NET, DDE, мережевих протоколів на базі IP-, DataSocket та ін. До складу LabVIEW входять бібліотеки управління різними апаратними засобами і інтерфейсами, такими як PCI, CompactPCI / PXI, VME, VXI, GPIB (КОП), PLC, VISA та ін. Програмні продукти, створені з використанням LabVIEW, можуть бути доповнені фрагментами, розробленими на традиційних мовах програмування, і навпаки можна використовувати модулі, розроблені в LabVIEW в проектах, що створюються в інших системах програмування. LabVIEW дозволяє розробляти практично будь-які додатки, які взаємодіють з будь-якими видами апаратних засобів, підтримуваних операційною системою комп'ютера.

Програмування в системі LabVIEW максимально наближене до поняття алгоритм. Після того, як ви продумаєте алгоритм роботи своєї майбутньої програми, вам залишиться лише намалювати блок-схему цього алгоритму з використанням графічного мови програмування «G». Дані будуть передаватися від блоку до блоку, оброблятися, відображатися, зберігатися відповідно з вашим алгоритмом.

Таким чином, завдяки своїй гнучкості та масштабованості, LabVIEW може використовуватися у створенні віртуальних вимірювально-випробувальних комплексів, що підвищить продуктивність та достовірність випробувань електронної апаратури.

Список літератури

1. Евдокимов Ю. К. Организация типовой дистанционной автоматизированной лаборатории с использованием LabVIEW-технологий в техническом вузе / Ю. К. Евдокимов, А. Ю. Кирсанов // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments». Москва, Россия. 14-15 ноября, 2003. – 15-17 с.

2. LabVIEW. User Manual. July 2000 Edition. Part Number 320999C-01.

ОПТИМІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ ПРИ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯХ ВІБРОСИГНАЛІВ

Хниченко О.А., Живенко М.В., Шапов П.Ф., Кропачек О.Ю.,
Мигущенко Р.П.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

Локалізовані спектральні перетворення (вейвлет-перетворення) застосовують до вібросигналу для того, щоб одержати про нього додаткову інформацію, щодо динамічних властивостей. В процесі проведення контролю і діагностики, дослідник отримує різноманітні вібросигнали, що несуть інформацію про стан об'єкту контролю. Головним завданням, є вилучення кількісної інформації з сигналу, тобто аналіз сигналу і його перетворення в найбільш інформаційний параметричний вигляд. Найчастіше інформація, не помітна в часовому поданні сигналу, виявляється при його частотному поданні. Для найбільш простих задач достатньо віконного перетворення Фур'є. Однак незмінність розміру вікна значно ускладнює вибір його параметрів для аналізу сигналу. Щоб подолати проблему вікна фіксованого розміру, був введений вейвлет аналіз, як технологія використання вікон з розміром, що варіюється.

Вейвлет-перетворення є особливим типом лінійного перетворення сигналів і відображає цими сигналами фізичні дані про процеси та фізичні властивості природних середовищ і об'єктів. Воно забезпечує частотно-часове подання сигналів. У разі вейвлет-аналізу (декомпозиції) процесу (сигналу) у зв'язку зі зміною масштабу вейвлети здатні виявити розходження в характеристиках процесу на різних шкалах, а з допомогою зсуву можна проаналізувати властивості процесу в різних точках на всьому досліджуваному інтервалі. Саме завдяки властивості повноти цієї системи, можна здійснити відновлення (реконструкцію або синтез) процесу за допомогою зворотного вейвлет-перетворення.

Основна область застосування вейвлет-перетворень – аналіз і обробка сигналів і функцій, нестационарних у часі або неоднорідних у просторі, коли результати аналізу повинні містити не тільки частотну характеристику сигналу (розподіл енергії сигналу за частотними складовими), але і відомості про локальних координатах, на яких виявляють себе ті чи інші групи частотних складових або на яких відбуваються швидкі зміни частотних складових сигналу.

В загальному випадку вібросигнал є нестационарним процесом і його амплітудно-частотний спектр змінюється в часі. Якщо існує потреба аналізувати весь спектр вібросигналу, то слід застосовувати перетворення зі змінною шириною вікна, тобто вейвлет-перетворення. Для проведення альтернативної функціональної діагностики, доцільно часові реалізації

представити у частотному вигляді, коли діагностичні ознаки стають більш явними. Використання безперервного дискретизованого вейвлет-перетворення дозволяє перетворити лінійне зображення в тривимірне з координатами масштабу (частота) і зсуву (час). Саме по собі вейвлет-зображення не дозволяє отримати кількісні характеристики вимірювальних вібро сигналів, тому необхідно їх опрацювати статистичними методами. Для такого опрацювання розглядаються F -статистики. Оцінка властивостей вейвлет-коефіцієнтів з дискретизацією за масштабом і зсувом дозволяє оцінити помилки діагностики стану об'єкта першого і другого роду.

Розглянуто зразки вібро сигналів, що відображають порушення функціонального стану елементів паливної системи дизельних двигунів тепловозів.

Проведено моделювання процедур вейвлет-перетворення таких зразків з урахуванням обмеженості інтервалів спостереження.

Одержано рівняння для тестових статистик коваріаційного аналізу двомірних вейвлет-перетворень та доведено, що такі статистики несуть інформацію щодо зміни функціональних станів двигунів.

Доведена можливість оптимізації кількості інформаційних тестових статистик, що забезпечують максимум вірогідності діагностичних рішень.

Список літератури

1. Валуйская О.Ю. Обработка вибросигналов с целью определения параметров для экспресс-диагностики топливной аппаратуры дизельных агрегатов [Текст] / О.Ю. Валуйская // Вестник НТУ «ХПИ». – 2002. – №9. – Т.7. – С. 31-34.

2. Дремин И.М. Вейвлеты и их использование [Текст] / И.М. Дремин, О.В. Иванов, В.А. Нечитайло // Успехи физических наук. – 2001. – №5. – Т.171. – С. 465-501.

3. Шитов А.Б. Разработка численных методов и программ, связанных с применением вейвлет-анализа для моделирования и обработки экспериментальных данных [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.18. / Шитов Андрей Борисович; Ивановский гос. ун-т. – И., 2001. – 124 с.

4. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы планирования эксперимента [Текст] / Н. Джонсон, Ф. Лион; пер. с англ. Э.К. Лецкого. – М. : Мир, 1981. – 520 с.

5. Воробьёв В.И. Теория и практика вейвлет-преобразования [Текст] В.И. Воробьёв // Обзоры актуальных проблем. – 1999. – № 1. – С. 4-11.

СЕКЦІЯ 5. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПРОЦЕСИ У ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДАХ

СПОСОБИ РОЗМАГНІЧУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТА ПРИЛАДІВ

Гринюк С.В., Заблоцький В.Ю.

Луцький НТУ, вул. Львівська, 75, м. Луцьк, Волинська обл., Україна

Деталі машин та приладів під час технологічного процесу їх виробництва можуть бути намагніченими. Зокрема, деталі підшипників намагнічуються на окремих ділянках виробництва (при пласкому шліфуванні, при контролі магнітнопорошковим методом і т. п.). Оскільки залишкова намагніченість може негативно впливати на їх подальшу експлуатацію. Наприклад, погано розмагнічені деталі підшипників та приладів притягують феромагнітні частини, які знижують термін використання підшипників та приладів. Для уникнення цього ретельно контролюють процес розмагнічування деталей машин та приладів і перевіряють ступінь намагніченості. Наслідків намагнічування матеріалів можна уникнути шляхом їх розмагнічування. Існує ряд факторів, що обумовлюють необхідність розмагнічування, серед яких основними можна вважати наступні:

- розмагнічені деталі здатні притягувати до себе і утримувати на поверхні феромагнітні частинки, які потім впливають на якість подальшої обробки деталей;
- підшипники, зібрані з нерозмагнічених деталей, в процесі їх роботи здатні притягувати феромагнітні частки, які можуть призвести до швидкого руйнування деталей підшипників;
- нерозмагнічені підшипники, вмонтовані в ряді приладів і пристроїв, можуть чинити негативний вплив на роботу електронних схем і апаратури, яка піддається впливу магнітних полів.

Навіть не магнітно-провідні матеріали, такі як нержавіюча сталь, можуть мати магнітну провідність після таких процесів, як зварювання або механічна обробка. Процес розмагнічування не змінює структуру матеріалу.

Існують такі фактори від яких залежить процес розмагнічування:

- деталь проходить через тунель демагнетизатора, в залежності від її геометричних параметрів;
- тунель повинен бути заповнений на 50% - 60%;
- частоти магнітного поля;
- сили магнітного поля (потужність);
- швидкість проходження деталей через тунель демагнетизатора.

Існують наступні способи розмагнічування:

- 1) нагрівання деталі до температури Кюрі;
- 2) вплив зустрічного поля «великої сили»;
- 3) вплив знакозмінним полем зі зменшенням його амплітуди в часі.

Перші два способи на практиці не використовують, тому що, є технічні та технологічні обмеження, які негативно можуть вплинути на подальше використання деталей.

Принцип розмагнічування матеріалів та деталей за останнім способом полягає в наступному. Деталь піддають циклічному перемагнічуванню змінним полем, напруженість якого по амплітуді з кожним півперіодом зменшується до нуля (рис. 1), $H_{m_0} > H_{m_1} > H_{m_2} > \dots > 0$. До моменту, коли вона досягне майже нульового значення, залишкова індукція також буде близька нулю (рис. 2).

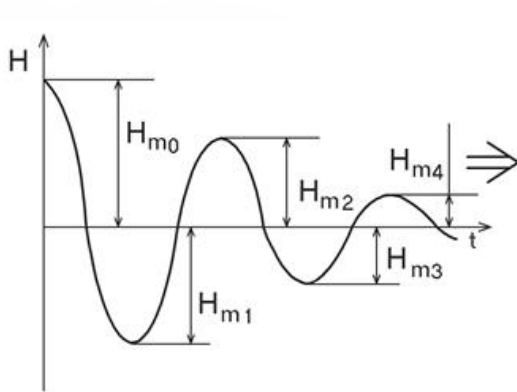


Рисунок 1 – Зміна напруженості магнітного поля

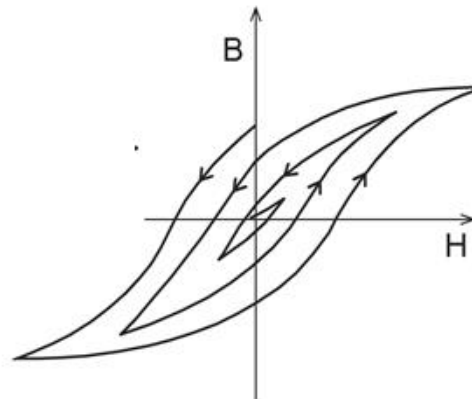


Рисунок 2 – Часткові петлі гістерезису

Є дві процедури виконання даного способу розмагнічування, коли величину розмагнічуваного поля зменшують за допомогою віддалення деталі від котушки з солонейдом або зниженням напруги в котушці. Незалежно від шляхів виконання даного способу процес розмагнічування іде по частковим петлям гістерезису (рис. 2).

Список літератури

1. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов : ГОСТ 18353-79. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 18 с.
2. Шелихов Г. С. Магнитная дефектоскопия деталей и узлов: [Практ. пособие] / Г.С. Шелихов – М. : Науч.-техн. центр «Эксперт», 1995. – 224 с.
3. Щербинин В. Е. Магнитный контроль качества металлов [Текст] / В. Е. Щербинин, Э. С. Горкунов. – Екатеринбург : УрОРАН, 1996. – 263 с.

ВЫБОР ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ДАТЧИКА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ ДИАГНОСТИКИ ДВС

Лавриненко О.В.

*Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, ул. Фрунзе 21, г. Харьков, Украина, 61002
lavrinenko_olya@mail.ru*

Основным элементом системы виброакустического диагностирования двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является вибродатчик. Требования, предъявляемые к датчикам в процессе измерения вибрации:

- высокая чувствительность измерений;
- широкий частотный диапазон измерений;
- широкий температурный диапазон измерений;
- стабильность характеристик датчика при изменении температуры;
- равномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)

датчика.

В системах управления и диагностики ДВС получили широкое применение датчики давления, вибрации и детонации, чувствительный элемент которых выполнен из пьезокерамики, которая наиболее полно удовлетворяет перечисленным требованиям. Одним из главных вопросов, возникающих при их создании, является выбор пьезоматериала [1].

Свойства пьезокерамических материалов характеризуются рядом параметров. Наиболее важным параметром, влияющим на границы применимости того или иного пьезоэлемента, является температура точки Кюри, при достижении которой материал теряет свойства пьезоэлектрика.

Также к важным параметрам пьезокерамических материалов относится коэффициент d (пьезомодуль), характеризующий чувствительность пьезокерамики. Он определяет величину заряда, генерируемого пьезоэлементом при приложении силы в один Ньютон [2]:

$$d = \frac{Q}{F} = \frac{CU}{F}, \quad (1)$$

где Q – электрический заряд; F – сила, C – емкость пьезоэлемента; U – напряжение на электродах пьезоэлемента.

Коэффициент d зависит от вида нагружения, что обозначается индексом, сопровождающим коэффициенты, и должно учитываться при конструировании пьезокерамических датчиков. Коэффициент d имеет два индекса $ij(d_{ij})$, которые получены из тензорного изображения кристаллов, подвергаемых растяжению и сжатию; индекс i показывает, что электроды перпендикулярны к оси i , а индекс j , что механическое напряжение прикладывается вдоль оси j .

Одним из важных параметров для пьезоэлектрических материалов является диэлектрическая проницаемость ε , от которой зависит собственная емкость преобразователя C_0

$$C_0 = \frac{\varepsilon S}{l}, \quad (2)$$

где s , l площадь и толщина пьезоэлемента.

От этого параметра зависит важнейшая величина – напряжение на выходе датчика

$$U_{\text{вых}} = \frac{Q}{C_{\Sigma}}, \quad (3)$$

где C_{Σ} – суммарная емкость датчика, включающая в себя собственную емкость преобразователя, емкость соединительного кабеля и входную емкость усилителя.

Наиболее полной характеристикой пьезоэлектриков как преобразователей механической энергии в электрическую является коэффициент полезного действия, определяемый как квадрат коэффициента электромеханической связи k^2 [3]:

$$k^2 = \frac{W_{\text{э}}}{W_{\text{м}}} = \frac{d^2 E}{\varepsilon}, \quad (4)$$

где $W_{\text{э}}$ – механическая энергия, преобразованная в заряд; $W_{\text{м}}$ – приложенная механическая энергия. Этот коэффициент зависит только от физических свойств материала.

Чувствительность пьезоэлектрического датчика, определяемая как отношение электрической выходной величины к механической величине, является функцией по крайней мере трех параметров пьезоэлемента: пьезоэлектрической постоянной или пьезомодуля d_{ij} , диэлектрической проницаемости ε и удельного объемного сопротивления. Каждый из этих параметров в свою очередь зависит от температуры окружающей среды.

Следовательно, при выборе пьезоэлектрического материала для чувствительного элемента датчика, предназначенного для работы в расширенном диапазоне температур, определяющим фактором является получение наименьшего изменения его чувствительности от температуры.

Список литературы

1. Проектирование датчиков для измерения механических величин [Текст] / Е.П. Осадчий, А.П. Тихонов, В.И. Карпов [и др.] – М. : Машиностроение. 1979. – 480с.
2. Глозман И.А. Пьезокерамика. [Текст] / И.А. Глозман. – М. : Связь, 1972. – 254с.
3. Яффе Б. Пьезоэлектрическая керамика. [Текст] / Б.Яффе, У. Кук, Г. Яффе. – М. : Наука, 1974. – 320с.

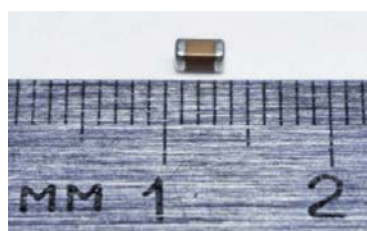
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ СВОЙСТВ MLCC КОНДЕНСАТОРОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МОЩНЫХ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Резинкин О.Л., Данилюк А.Р., Ревуцкий В.И.

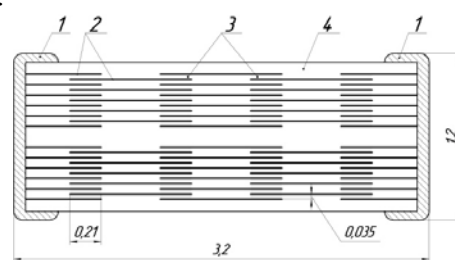
*Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002,
olegrezinkin@rambler.ru*

Как известно, для получения мощных электромагнитных импульсов с наносекундным временем нарастания может быть использован эффект образования ударных электромагнитных волн (УЭМВ) в нелинейных средах. Чаще всего, в качестве таких сред выступают ферромагнетики и сегнетоэлектрики, у которых магнитная и диэлектрическая проницаемости являются функциями напряженности магнитного и электрического полей. Данные материалы используются в качестве активного диэлектрика нелинейных длинных линий, в которых образуются УЭМВ и происходит обострение фронта электромагнитного импульса. Конструктивно нелинейные длинные линии могут быть выполнены как линии с распределенными параметрами, так и в виде искусственной длинной линии построенной из LC-элементов по цепочечной схеме. Во втором случае, в качестве нелинейной емкости, могут быть применены многослойные керамические чип-конденсаторы – MLCC.

В качестве испытательного образца был взят конденсатор с диэлектриком X7R фирмы Hitano номинальной емкостью 1 нФ и номинальным напряжением 2 кВ (рис.1).



а



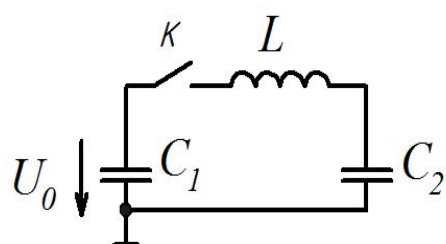
б

Рисунок 1 – Внешний вид (а) и внутреннее строение (б) MLCC конденсатора: 1 – выводы конденсатора, 2 – металлические обкладки, 3 – диэлектрик (керамика на основе BaTiO_3), 4 – керамический корпус

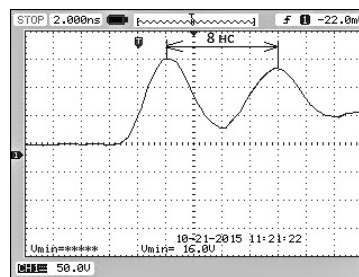
Экспериментально определенное значение постоянного пробивного напряжения данного конденсатора составило 9 кВ, что соответствует электрической прочности диэлектрика 63 кВ/мм.

Проведена экспериментальная оценка собственной индуктивности конденсаторов. Для этого два одинаковых конденсатора C_1 и C_2 (см. рис. 2а) прижимались друг к другу выводами, а между оставшейся свободной парой их выводов, был оставлен воздушный зазор 0,5 мм. Затем

C_1 заряжался до напряжения U_0 , и после пробоя воздушного зазора разряжался на C_2 . Осциллограмма напряжения на конденсаторах приведена на рис. 2б.



а)

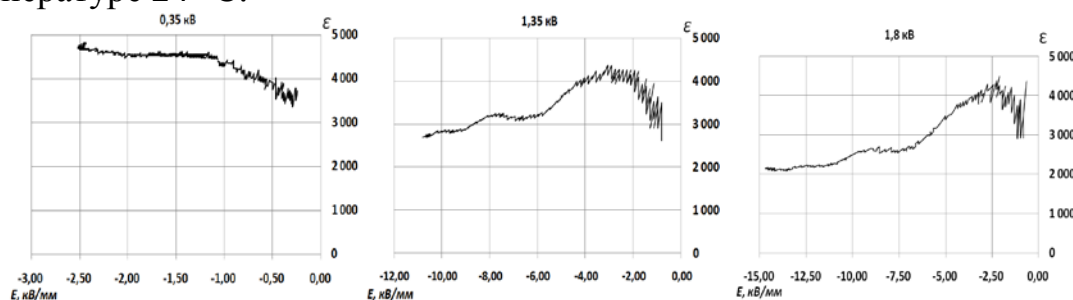


б)

Рисунок 2 – Схема измерения индуктивности (а) и осциллограмма напряжения на конденсаторе C_2 (б)

При емкости конденсаторов 10 нФ период колебаний составил 8 нс, что соответствует индуктивности контура 0,32 нГн. Поскольку конденсаторы были практически вплотную прижаты друг к другу, то с достаточной точностью можно полагать, что индуктивность контура L образована только индуктивностями самих конденсаторов. Таким образом, индуктивность одного конденсатора будет равна половине индуктивности контура – 0,16 нГн. Даная индуктивность должна быть учтена при построении нелинейной искусственной формирующей линии.

Исследование динамики импульсной поляризации диэлектрика MLCC конденсатора проводилось по схеме Сойера-Тауэра при температуре 24 °С.



а)

б)

в)

Рисунок 3 – Зависимости диэлектрической проницаемости от напряженности электрического поля при различной амплитуде импульса: 0,35 кВ (а); 1,35 кВ (б); 1,8 кВ (в)

Полученные зависимости диэлектрической проницаемости MLCC конденсаторов от напряженности электрического поля (рис.3) показали, что с увеличением амплитуды импульсов она существенно снижается.

Таким образом, полученные характеристики MLCC конденсаторов, а именно высокая электрическая прочность, низкая собственная индуктивность, и нелинейный характер диэлектрика позволяют использовать данный тип конденсаторов для создания нелинейных искусственных формирующих линий с низким волновым сопротивлением.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПОСЛЕДНЕЙ СТАДИИ ПРОДВИЖЕНИЯ ЛИДЕРНОГО КАНАЛА МОЛНИИ К ЗЕМЛЕ

Резинкина М.М.¹⁾, Резинкин О.Л.²⁾, Светличная Е.Е.²⁾

¹⁾ *Государственное учреждение "Институт технических проблем магнетизма Национальной академии наук Украины", ул. Индустриальная, 19, г. Харьков, Украина, 61106, e-mail: marinar2@mail.ru*

²⁾ *Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

Электрическое поле (ЭП), возникающее при разряде молнии, является природным явлением, полномасштабное физическое воспроизведение которого в настоящее время невозможно. Поэтому при выборе параметров молниеотводов, а также определении зон, в которых ими обеспечивается надежная защита от удара молнии, используется физическое и математическое моделирование электрофизических процессов на последней стадии продвижения лидерного канала молнии к земле.

Существующие методы определения зон защиты молниеотводов не позволяют рассмотреть в полной мере все явления, влияющие на процессы молниезащиты. Физическое моделирование процессов, происходящих при ударе молнии, является сложным и дорогостоящим мероприятием. К тому же такое моделирование не позволяет учесть уровни токов и напряжений, имеющих место при естественном ударе молнии. Поэтому особую актуальность приобретает математическое моделирование электромагнитных процессов, сопровождающих "выбор" места удара продвигающегося к земле лидерного канала молнии.

Проведенное математическое моделирование показало, что наличие зоны короны вокруг вершины молниеприемника не оказывает существенного влияния на условия продвижения от него восходящего лидера. Так, для молниеприемников высотой 30-70 м максимальное расстояние до головки лидерного канала молнии, при котором выполняются условия продвижения восходящего лидера, может увеличиться не более чем на 10-20%.

Для обоснования данного вывода, сделанного с помощью математического моделирования, были проведены физическое и математическое моделирование процесса образования короны вокруг вершин заземленных электродов различной высоты, имеющих разный радиус скругления, при приложении постоянного отрицательного напряжения различных уровней к электродам в рассматриваемых физических моделях. Так, для рассмотренных значений высоты электрода (порядка 1 м) и приложенных напряженностей постоянного ЭП ($E_{con} \sim 60$ –

100 кВ/м) вокруг вершины заземленного электрода со сравнительно большим диаметром скругления вершины ($2R=0.125$ м) напряженность начала пробоя не достигается, и ток короны близок к нулю. Для электрода, диаметр скругления вершины которого равен 0.045 м, не нулевой ток короны регистрировался при $E_{con} > 60$ кВ/м. Измерения показали, что для заостренного электрода с вершиной в форме конуса ток короны регистрировался при значениях E_{con} от 60 кВ/м до 100 кВ/м.

В ходе проведенных экспериментов исследовалось влияние интенсивности процессов образования короны на вершине заземленного электрода на вероятность его поражения высоковольтным разрядом. Для этого на высоковольтный электрод, имитирующий приближающийся к земле лидерный канал молнии, с генератора импульсных напряжений подавалось напряжение отрицательной полярности U_{pul} . На равном расстоянии от высоковольтного электрода размещались два заземленных электрода, причем вершина одного из них имела форму конуса, а второго – форму сферы диаметром 0.045 м или 0.125 м.

Анализ рассчитанных распределений напряженности ЭП в исследуемых электродных системах показал, что при разряде с перенапряжением, когда расстояние между высоковольтным и заземленными электродами меньше минимального напряжения, необходимого для пробоя ($d=0.44$ м, $U_{pul}=0.75$ МВ), между высоковольтным и заземленным электродами имеется непрерывная зона, в которой модуль напряженности ЭП достаточен для развития от заземленного электрода искры положительной полярности. Значит, условие развития искры от заземленного к высоковольтному электроду выполняется, если искровые процессы вообще возникают. Из анализа экспериментальных и расчетных данных следует, что если радиус скругления одного из электродов сравнительно велик ($2R=0.125$ м), в режиме разрядов с перенапряжением преимущественно поражается заостренный электрод вне зависимости от наличия короны и величины ее тока.

Проведенное математическое моделирование электромагнитных процессов при разрядах без перенапряжения, когда расстояние между высоковольтным и заземленными электродами близко к минимальному напряжению, необходимому для пробоя ($d=1.01$ м, $U_{pul}=0.84$ МВ) показало, что напряженность ЭП в области, соединяющей вершины высоковольтного и заземленного электродов, меньше критического уровня, необходимого для развития положительной искры от заземленного электрода. Поэтому при разрядах без перенапряжения положительная искра от заземленного электрода развиваться не может, и разряд развивается от высоковольтного электрода. При этом ЭП в окрестности вершины заземленного электрода должно оказывать существенное влияние на направление движения искры от высоковольтного электрода, «притягивая» ее к себе.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ГРАДИЕНТНЫХ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ

Резинкина М.М.¹⁾, Резинкин О.Л.²⁾, Сосина Е.В.²⁾

¹⁾ Государственное учреждение "Институт технических проблем магнетизма Национальной академии наук Украины", ул. Индустриальная, 19, г. Харьков, Украина, 61106, e-mail: marinar2@mail.ru

²⁾ Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

Радиопоглощающие покрытия используются для обеспечения электромагнитной совместимости различных электронных устройств. Так, в ряде случаев требуется защитить электронную и измерительную аппаратуру от внешних электромагнитных помех. Радиопоглощающие покрытия применяются также в целях придания некоторым объектам «невидимости» при сканировании их радарными в радиочастотном диапазоне. Для того чтобы такое покрытие обеспечивало требуемые функции, падающее на него электромагнитное излучение должно, например, поглощаться в нем без отражения и преломления.

Радиопоглощающими материалами и покрытиями, в частности, являются различные диэлектрики с низкими значениями коэффициента отражения и высокими значениями коэффициента поглощения радиоволн. Согласно литературным данным, эффективным представляется использование градиентных радиопоглощающих покрытий, у которых диэлектрическая и магнитная проницаемость плавно или ступенчато изменяется по толщине. При этом рекомендуется для изготовления верхнего слоя покрытия использовать материал с диэлектрической проницаемостью, близкой к единице, а далее чередовать слои из диэлектриков с высокими и низкими значениями диэлектрической проницаемости [1].

Еще одним перспективным способом, позволяющим добиться «невидимости» объектов при их сканировании электромагнитными волнами, является использование так называемых метаматериалов, отличительной особенностью которых являются отрицательные значения их эффективных диэлектрической и магнитной проницаемостей [2].

Проблемами, возникающими при создании радиопоглощающих покрытий, остаются недостаточно широкий диапазон поглощения электромагнитных волн, а также сравнительно большие габариты и вес покрытий, что сужает область их использования.

Для расширения диапазона частот электромагнитного излучения, которое может без отражения затухать внутри покрытия, предлагается в качестве радиопоглощающего покрытия использовать градиентную среду, электрические параметры которой изменяются по глубине по такому же

закону, как и параметры так называемых «одноосно согласованных поглощающих слоев» (*UPML*). Дополнительные («виртуальные») *UPML*-слои вводятся при расчетах электромагнитных полней (ЭМП) на границы расчетной области. В результате на внешних границах такой искусственно расширенной области могут быть использованы нулевые граничные условия для напряженностей ЭМП. Этим достигается существенное уменьшение размеров зоны расчетов, которая ограничивается только той областью, где требуется информация о распределении ЭМП. Данный эффект связан с быстрым и безотражательным затуханием в *UPML*-слоях напряженностей электромагнитного поля (см. например [3]).

При использовании *UPML*-слоев предполагается, что удельная проводимость в них изменяется в соответствии с показательным законом и анизотропна в направлениях, перпендикулярном и параллельном границам раздела. Причем в направлении, перпендикулярном границе раздела, она пропорциональна величине, меньшей единицы, и падает по глубине слоя:

$$\gamma_{\perp} \sim 1/a, \quad (1)$$

где $a > 1$, а в направлении, параллельном границе раздела, она пропорциональна величине, большей единицы, и увеличивается по глубине слоя:

$$\gamma_{\parallel} \sim a. \quad (2)$$

Можно показать, что из-за такого выбора параметров *UPML*-слоев отражения внутри слоя не происходят.

Физической реализацией такого градиентного радиопоглощающего покрытия с изменяющейся по глубине слоев проводимостью может быть, в частности, массив включений, например имеющих разный диаметр тонких проводящих стержней – нитей, которые помещены в слабопроводящий наполнитель.

Для проведения исследований по выбору параметров такой искусственной градиентной среды предполагается использовать математическое и физическое моделирование электромагнитных процессов, происходящих при падении волны на объекты с радиопоглощающими покрытиями.

Список литературы

1. Островский О.С. Защитные экраны и поглотители электромагнитных волн [Текст] / О.С. Островский, Е.Н. Одаренко, А.А. Шматько // ФП ФИПИ PSE. – 2003. – Т. 1, № 2. – С. 161-172.
2. Metamaterial Electromagnetic Cloak at Microwave Frequencies / Schurig D., Mock J.J., Justice B.J et al. // Science, 2006. – Vol. 314. – P. 977-980.
3. Taflove A. Computational electromagnetics: the finite difference time domain method. / A.Taflove, S.Hagness // Boston – London: Artech House, 2000. – 852 p.

АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТУПЕНЧАТОГО НЕОДНОРОДНОГО КОАКСИАЛЬНОГО РЕЗОНАТОРА ДЛЯ ДИЭЛЬКОМЕТРИИ ЖИДКИХ СРЕД В СВЧ ДИАПАЗОНЕ

Рудаков В.В.¹⁾, Коробко А.А.²⁾

¹⁾ *Национальный технический университет "ХПИ",
ул. Фрунзе 21, г.Харьков, Украина, 61002, valrudakov@kpi.kharkov.ua*

²⁾ *Национальный технический университет "ХПИ",
ул. Фрунзе 21, г.Харьков, Украина, 61002, bigmenworld@gmail.com*

Использование диэлькометрии на низких частотах для измерения влагосодержания полярных жидкостей показывает уменьшение чувствительности из-за уменьшения разницы диэлектрических проницаемостей исследуемой полярной жидкости и воды. Расширение области применения метода на полярные жидкости требует перехода частот измерения в области СВЧ диапазона.

На этих частотах измерительные преобразователи (ИП) с сосредоточенными параметрами имеют большие значения паразитных параметров. Выходом является применение ИП с распределенными параметрами с уменьшенными размерами. В работе [1] было предложено использовать в качестве ИП ступенчатый неоднородный коаксиальный резонатор (СНКР), характеристики которого были исследованы методом имитационного моделирования в среде MicroCap 8.

СНКР представляет собой коаксиальную конструкцию из двух отрезков линий с различными волновыми сопротивлениями. Линия с максимальным волновым сопротивлением закорочена с одной стороны и нагружена на линию с минимальным волновым сопротивлением работающую в режиме холостого хода, с другой стороны. Между наружным и внутренними электродами находится исследуемая жидкость с неизвестной относительной диэлектрической проницаемостью ϵ .

Обобщенная схема замещения рассматриваемого резонатора представлена на рис. 1

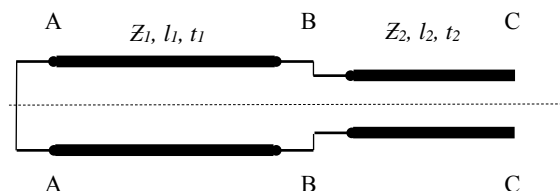


Рисунок 1 – Обобщенная схема замещения СНКР:

Z_1, Z_2 – волновое сопротивление; l_1, l_2 – геометрические длины;

t_1, t_2 – времена пробега по линиям 1 и 2 соответственно

Были сделаны следующие допущения: линии идеальны и не имеют потерь; основным типом волны является плоская Т-волна. Место стыка

линий есть место соединения регулярной короткозамкнутой линии и регулярной разомкнутой на конце линии .

Входные сопротивления Z_K и Z_X этих идеальных линий чисто реактивные [2]:

$$Z_K = jZ_1 \operatorname{tg}\left(\frac{2\pi d_1}{\lambda}\right), Z_X = -jZ_2 \operatorname{ctg}\left(\frac{2\pi d_2}{\lambda}\right); \quad (1)$$

где: $j = \sqrt{-1}$; λ – длина волны; Z_K – входное сопротивление линии 1; Z_X – входное сопротивление линии 2, $Z_{1,2}$ – волновые сопротивления.

Полученное из условий резонанса ($Z_K + Z_X = 0$), уравнение относительно λ не имеет точных аналитических решений, поэтому дальнейший анализ величин Z_L , m , и n был проведен исходя из того, что Z_K в выражении (1) представляет собой реактивный импеданс некой эквивалентной индуктивности L_Δ , а Z_X в выражении (1) представляет реактивный импеданс некой эквивалентной емкости C_Δ . Произведение $L_\Delta C_\Delta$ имеет максимум при $n = 1$, (при одинаковой длине линий). В результате было получено выражение, описывающее основную метрологическую характеристику ИП – зависимость частоты основного (первого) резонанса f от относительной диэлектрической проницаемости ε исследуемой жидкости.

$$f = \frac{c \cdot \operatorname{arctg}\sqrt{m}}{2\pi\sqrt{\varepsilon} \cdot l_1}. \quad (2)$$

Значение величин частот первого резонанса из выражения (2) было сопоставлено с результатами, полученными в работе [1] при $t_1 = t_2 = 1$ нс; $\varepsilon = 1$. Сравнение значений частот показывает, что полученные результаты практически совпадают.

Следовательно, рассмотренная конструкция ИП ступенчатого неоднородного коаксиального резонатора эффективна для получения минимального значения частоты первого резонанса при заданных минимальных размерах ИП. Полученные результаты дают основания для применения СНКР в виде ИП для диэлькометрии жидких сред в диапазоне СВЧ.

Список литературы

1. Рудаков В.В. Резонансные спектры неоднородных коаксиальных резонаторов для определения диэлектрической проницаемости жидких сред в СВЧ диапазоне [Текст] / В.В. Рудаков, А.А. Коробко // Вісник НТУ "ХПІ". Тематичний випуск: Техніка і електрофізика високих напруг. –Х. : НТУ "ХПІ", 2015. – № 20. – С.129-137.
2. Захаров А.В. Входные функции отрезков неоднородных линий [Текст] / А.В. Захаров // Радиотехника и электроника. Т.30. – 1985. – № 7. – С.1373-1380

ПЕРЕВІРКА АДЕКВАТНОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДІЮЧОГО ЗАЗЕМЛЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ, РОЗТАШОВАНОГО В ТРЬОХШАРОВОМУ ҐРУНТІ

Руденко С.С., Коліушко Д.Г.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002
nio5_molnija@ukr.net*

На основі розробленої авторами математичної моделі нееквіпотенційного заземлювального пристрою (ЗП), розташованого в трьохшаровому ґрунті, [1] було створено тестову програму для визначення нормованих параметрів: напруги дотику (U_d), напруги на ЗП ($U_{ЗП}$) та опору ЗП ($R_{ЗП}$) діючих електричних станцій і підстанцій в рамках електромагнітної діагностики (ЕМД) ЗП. При цьому U_d є найбільш складним для визначення, оскільки на цей параметр впливають усі фактори: конструктивне виконання, електрофізичні характеристики ґрунту, геометричні параметри заземлювачів тощо.

В роботі наведено дослідження ЗП підстанції класом напруги 150 кВ одного з обленерго в центральній частині України, результати ЕМД ЗП якої використані для оцінки адекватності математичної моделі. Методика оцінки адекватності описана в [2].

Для розрахунку використані наступні вихідні дані: 1) схема розміщення ЗП; 2) поперечний переріз заземлювачів – 20×6 мм; 3) результати зондування ґрунту (див. рис.1): $\rho_1=92,5$ Ом \times м, $\rho_2=61$ Ом \times м, $\rho_3=13$ Ом \times м, $h_1=0,9$ м, $h_2=3,2$ м; 4) експериментальні дані U_d на території ВРП-150 кВ (див. табл.1); 5) значення імітаційного струму $I_i=4,76$ А.

При проведенні розрахунку відображається вікно зі значеннями $U_{ЗП}$ в заданій точці, максимального та мінімального значення U_d довкола точки на відстані 0,8 м (див. рис. 2).

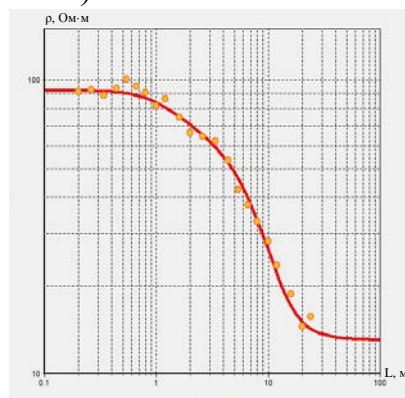
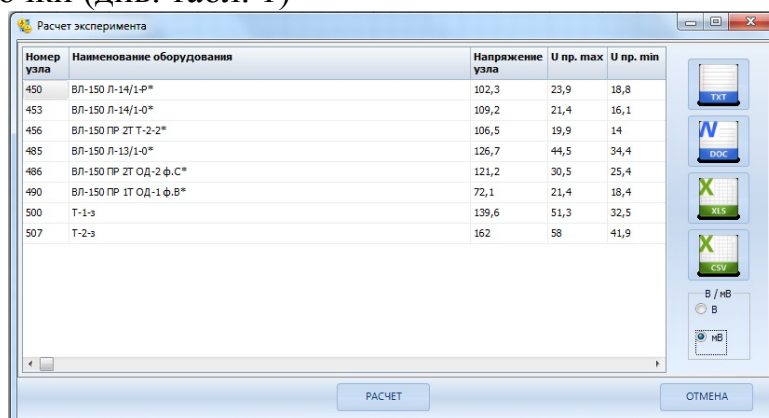


Рисунок 1 – Експериментальні дані зондування ґрунту та крива інтерпретації трьохшаровою моделлю

Оцінювання результатів розрахунку проводиться наступним чином: експериментально виміряне значення U_d повинно опинитися в інтервалі

між мінімальним та максимальним розрахунковим значенням для відповідної точки (див. табл. 1)



Номер узла	Наименование оборудования	Напряжение узла	U пр. max	U пр. min
450	ВЛ-150 Л-14/1-Р*	102,3	23,9	18,8
453	ВЛ-150 Л-14/1-0*	109,2	21,4	16,1
456	ВЛ-150 ПР ЗТ Т-2-2*	106,5	19,9	14
485	ВЛ-150 Л-13/1-0*	126,7	44,5	34,4
486	ВЛ-150 ПР ЗТ ОД-2 ф.С*	121,2	30,5	25,4
490	ВЛ-150 ПР ЗТ ОД-1 ф.В*	72,1	21,4	18,4
500	Т-1-з	139,6	51,3	32,5
507	Т-2-з	162	58	41,9

Рисунок 2 – Діалогове вікно результатів розрахунку експерименту

Експериментально визначене значення напруги дотику для 6 точок з 8 (тобто в 75% випадків) лежить у розрахованому діапазоні, а для обладнання Л-14/1-Р та Л-13/1-0 відхилення від найближчого значення $U_{д}$ складає 15%.

Таблица 1

Назва обладнання	Результати експерименту		Результати розрахунку		Потрапляння в діапазон визначення $U_{дот.}$
	$U_{д}$, мВ	R_0 , Ом	$U_{д.мах}$, мВ	$U_{д.мін}$, мВ	
Л-14/1-0	20	273	21,4	16,1	+
Л-14/1-Р	28	113	23,9	18,8	-
Л-13/1-0	30	138	44,5	34,4	-
ОД-1 ф.В	19	92	21,4	18,4	+
ОД-2 ф.С	30	130	30,5	25,4	+
Т-2-2	18	213	19,9	14	+
Т-1-з	35	162	51,35	32,5	+
Т-2-з	42	114	58	41,9	+

Таким чином була підтверджена адекватність розробленої математичної моделі нееквіпотенційного ЗП, розташованого в трьохшаровому ґрунті, експериментальним вимірам виконаним на ЗП підстанції, що знаходиться в експлуатації. Подальше вдосконалення дозволить розробити новий потужний програмний комплекс для розрахунку нормованих параметрів в рамках ЕМД ЗП.

Список літератури

1. Колиушко Д.Г. Математическая модель заземляющего устройства энергообъекта при наличии подстилающего слоя [Текст]/Д.Г. Колиушко, С.С. Руденко // Электронное моделирование. – 2014. –Т.36.– №2.– С. 89-97.
2. Колиушко Д. Г. Совершенствование диагностики заземляющих устройств электроэнергообъектов [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.11.13 / Колиушко Денис Георгиевич. – Х., 2003. – 172 с.

СЕКЦІЯ 6. ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

АКТУАЛЬНОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ В УКРАИНЕ

Гриб О. Г.¹⁾, Белов Н. С.²⁾

¹⁾*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

²⁾*ООО «Хартэп», ул. Энергетическая, 11, г. Харьков, Украина, 61036*

Системная взаимосвязь между энергетическими объектами Украины, а также энергообъектами ENTSO-E, определяет необходимость налаживания взаимодействия от генерирующих компаний до конечного потребителя в любой части Европы.

Для укрепления национальной конкурентоспособности в условиях европейской энергетической интеграции необходимо предприятиям энергетического сектора провести внедрение решений на базе «Цифровая подстанция».

Это необходимо реализовать во всех сегментах энергетики Украины и энергетических системах зарубежных стран на основе иерархической и сетевой модели действий компаний ЭК, это приведет к:

– повышенной надежности и доступности. Глубокая самодиагностика цифровых устройств обеспечивает максимальную жизнеспособность подстанции. Любое ухудшение работоспособности фиксируются в режиме реального времени. Имеющаяся избыточность данных в системе могут быть использована для исправления неполадок, что и позволяет выполнять поиск неисправностей без необходимости каких-либо отключений системы в первичной сети;

– оптимизации работы. Анализ, производимый цифровыми схемами подстанций позволяет проводить тщательный мониторинг объема данных поступающих со станционного оборудования, относительно его проектных уровней;

– сокращению расходов на обслуживание. «Цифровая подстанция» детально проводит мониторинг всех процессов происходящих в оборудовании. Интеллектуальные системы анализа данных предоставляют рекомендации по техническому обслуживанию и ремонту. Это позволяет переходить на прогностическое или надежно-ориентированное обслуживание, избегая незапланированных простоев и чрезвычайных расходов на ремонт;

– улучшенным коммуникационным возможностям. Обмен данными между интеллектуальными устройствами, как внутри, так и между межрегиональными подстанциями, оптимизирован через Ethernet.

Качественные локальные и глобальные блоки контроля позволяют производить обмен данными на подстанции, а также между подстанциями. Прямые связи между подстанциями, без необходимости транзита через центр управления, уменьшают время реагирования;

– увеличению пропускной способности высоковольтных линий (ВЛ). Установка интеллектуальных датчиков погоды на ВЛ, позволит правильно рассчитать потери на Корону.

Работа цифровой подстанции основана на архитектуре, которая позволяет проводить эксплуатационные измерения в реальном времени по данным от первичной системы. Эти данные получаются с помощью датчиков, встроенных в первичную систему. Обмен между устройствами, происходит по результатам измерений базирующихся на "шине процесса". Самое главное в том, что интеллектуальные устройства и системы могут сразу обработать эти оперативные данные в пределах подстанции, это приведет к уменьшению времени принятия решения оперативным персоналом, к повышению пропускных способностей ЛЭП и самое главное к снижению производственных травм среди оперативного персонала на подстанциях.

Список литературы

1. Правила устройства электроустановок – X.: Издательство «ИНДУСТРИЯ», 2011 – 768 с.
2. Richards S., Alstom Grid, UK, Pavaiya, N., Omicron Electronics, Boucherit, M. and Ferret, P., Alstom Grid, France, Diemer P., Energinet.dk, Denmark New World. PAC World Magazine. June 2014.
3. Ivan Dorofeyev, Russia PAC World Magazine December 2012.
4. Brunner C. IEC 61850 & Smart Grids. PAC World Magazine. September 2013.
5. Горелик Т. Г. Автоматизация энергообъектов с использованием технологии “цифровая подстанция”. Первый российский прототип / Т. Г. Горелик, О. В. Кириенко // Релейная защита и автоматизация – 2012.– № 1(05).– С. 86–89.
6. Сокол Е.И. Сетецентрическое диспетчерское управление в электроэнергетике / Сокол Е.И., Гриб О.Г., Белов Н.С., Гапон Д.А., Шевченко С.Ю. // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»: «Проблемы автоматизированного электропривода Теория и практика» – Харьков: НТУ «ХПИ», 2014. –№ 12 (1121). – С.23-29.

МЭК 61970 КАК НЕОБХОДИМЫЙ ВАРИАНТ ЗАМЕНЫ ПРОТОКОЛА УППД В АСКУЭ ОРЭ УКРАИНЫ

Гриб О. Г.¹⁾, Белов Н. С.²⁾

¹⁾ *Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

²⁾ *ООО «Хартэн», ул. Энергетическая, 11, г. Харьков, Украина, 61036*

В процессе интеграции энергетических компаний Украины в ENTSO-E, в будущем возникнет вопрос интеграции систем управления производством и передачей энергии. Он обусловлен тем что в каждой энергосистеме, НЕК «Укрэнерго», облэнерго и в других энерготехнологических компаниях внедрены АСКУЭ различных производителей.

Для нашей страны казалось бы в 2000 году Министерство топлива и энергетики Украины, НКРЭ выпустили приказ № 32/28/28/276/75/54 «Концепции построения автоматизированной системы учета электроэнергии в условиях энергорынка». На основе данного приказа акционерная компания «Инет», разработала унифицированный протокол передачи данных коммерческого учета в АСКУЭ Головного оператора ОРЭ и унифицированную базу данных (УБД) АСКУЭ Головного оператора ОРЭ, уточнен унифицированный реестр данных (УРД) АСКУЭ Головного оператора ОРЭ. Но под данное описание не подходят энергообъекты стран входящих в ENTSO-E.

По этому на данный момент необходимо постепенный систематический переход на стандарт IEC 61970-301, в котором определен базовый набор пакетов Общей информационной модели, которые обеспечивают логическое представление функциональных аспектов Системы управления производством и передачей электроэнергии (EMS), включая Оперативно-информационный комплекс (SCADA). IEC 61970-302 определяет логическое представление финансового и энергетического планирования. IEC 61968-11, Интерфейсы системы управления распределением – часть 11: Модель обмена информацией о распределении, описывает дополнительные части СИМ, которые имеют отношение к логическому представлению работы предприятия, включая активы, расположение, деятельность, документацию, и управление работами. Несмотря на то, что существует множество стандартов МЭК, которые имеют отношение к различным частям Общей информационной модели, есть только одна единственная, унифицированная и приведенная информационная модель, которая содержит СИМ, как основу всех этих документов отдельных стандартов.

Общая информационная модель (СИМ) является абстрактной моделью, которая представляет все основные объекты

электроэнергетической компании, обычно используемые при моделировании. Обеспечивая стандартный способ представления ресурсов энергосистемы как объектных классов и атрибутов и их отношений, модель СИМ упрощает интеграцию систем управления производством и передачей энергии (EMS), в том числе: 1) между приложениями EMS, разработанными различными поставщиками, 2) между целыми, независимо разработанными системами EMS, или 3) между системой EMS и другими системами, такими как системы управления производством или распределением электроэнергии. ОИК (SCADA) моделируется в степени, необходимой для поддержки моделирования энергосистемы и связи между диспетчерскими пунктами. СИМ упрощает интеграцию путем определения общего языка (т.е. семантики и синтаксиса).

Специалистами ООО «Хартеп» в 2010 г. был разработан модуль «Адаптация существующих систем АСКУЭ к требованиям стандартов МЭК 61970». Данный модуль представляет собой программную надстройку, не затрагивающую код и функционал эксплуатирующихся АСКУЭ, т.е. его можно подключить к любой системе АСКУЭ независимо от производителя.

Модуль включает:

- клиентскую часть с графическим редактором схем и мастером привязки оборудования;
- базу данных для хранения СИМ моделей и определения связей с таблицами работающей АСКУЭ;
- сервисы, обеспечивающие экспорт/импорт СИМ моделей и сопряженных с ними измерений.

Преимуществами использования модуля расширения являются:

- существенное ускорение (минуты вместо часов) программирования и отладки расчетных формул;
- простота и гибкость модификации расчетов, разности потерь, регламентов группировок и округлений;
- простота и наглядность конфигурирования. Автоматическая идентификация объектов учета – нет необходимости согласовывать коды макетных строк и УППД;
- возможность обмена данными журналов событий и первичными данными.

Список литературы

1. Сокол Е.И. Автоматизированные системы контроля и учета электрической энергии [Текст] / Е. И. Сокол. – Харьков : ТОВ «Тім пabлiш Групп», 2014. – 488 с.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

Гриб О.Г.¹⁾, Гапон Д.А.¹⁾, Иерусалимова Т.С.¹⁾, Дяченко А.В.¹⁾,
Лелека А.В.²⁾

¹⁾*Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт» ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

²⁾*ДП НЭК «Укрэнерго», ул. С.Петлюры, 25, г. Киев, Украина, 01032*

Надежность работы системы учета электроэнергии, релейной защиты и автоматики на современных цифровых подстанциях зависит от качества электрической энергии. В настоящее время для повышения надежности работы подстанции необходимо контролировать показатели качества электрической энергии, что позволяет принимать организационные и технические решения по его повышению.

В развитии науки и техники, создании новейших технологий, повышению энергетической безопасности Украины, существенная роль здесь принадлежит надежной и качественной поставке электрической энергии (ЭЭ) потребителям. В Украине начала функционировать новая модель рынка ЭЭ, представляющая собой рынок двухсторонних договоров и балансирующий рынок (ДДБР). Одной из задач новой модели рынка является создание рынка функционирующего для обеспечения стабильной и надежной работы объединенной энергосистемы Украины, передачи и поставки ЭЭ надлежащего качества [1].

Для осуществления мероприятий по поддержанию качества энергии промышленные предприятия вынуждены затрачивать значительные материальные и денежные средства. В связи с этим существенным является технико-экономическое обоснование выделения таких средств и, в первую очередь, определение величины экономического ущерба, возникающего от низкого качества электроэнергии.

В условиях рыночной экономики сетевое предприятие и потребитель выступают, как равные партнеры, субъекты единого процесса распределения и потребления ЭЭ [2]. Изменение отношения к проблемам КЭ как со стороны энергоснабжающих компаний, так и со стороны электропотребителей обусловлено прежде всего тем, что при использовании ЭЭ низкого качества предприятием и самой энергосистемой несутся потери. Потери, которые могут возникнуть от низкого КЭ целесообразно разделять на материальные, трудовые, финансовые, потери времени, специальные виды потерь.

Материальные виды потерь проявляются в непредусмотренных дополнительных затратах или прямых потерях оборудования, имущества, продукции, сырья, энергии. В производственной сфере материальные потери связаны непосредственно с утратой основных и оборотных фондов.

Трудовые потери представляют потери рабочего времени, вызванные непредвиденными обстоятельствами. В непосредственном измерении трудовые потери выражаются в человеко-часах, человеко-днях или просто часах рабочего времени. Перевод трудовых потерь в стоимостное, денежное выражение осуществляется путем умножения человеко-часов на стоимость (цену) одного часа.

Финансовые потери – это прямой денежный ущерб, связанный с непредусмотренными платежами, выплатой штрафов, уплатой дополнительных налогов, потерей денежных средств и ценных бумаг. Кроме того, финансовые потери могут быть от недополучения или в неполучении денег из предусмотренных источников, при невозврате долгов, неоплате покупателем поставленной ему продукции, уменьшении выручки вследствие снижения цен на реализуемые продукцию и услуги.

Потери времени существуют тогда, когда процесс хозяйственной деятельности идет медленнее, чем было намечено. Прямая оценка таких потерь осуществляется в часах, днях, неделях, месяцах запаздывания в получении намеченного результата. Чтобы перевести оценку потерь времени в стоимостное измерение, необходимо установить, к каким потерям дохода, прибыли способны приводить потери времени [2].

Потери из-за 1 часа простоя, вызванного отклонениями напряжения составляют:

- центры бронирования билетов на авиалиниях – 67.000-112.000 дол.;
- брокерская биржа – 5,6 - 7,3 млн. дол.;
- сеть автоматов и обслуживания – 12.000-17.000 дол.;
- продажа кредитных карточек – 2.2-3.1 млн. дол.;
- провал напряжения на бумажной фабрике останавливает производство на 1 день и потери составляют 250.000 дол.;
- циклическое прерывание производства в стекольной промышленности стоит 200.000 дол.

Список литературы

1. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : ГОСТ 13109-97. – Минск.: ИПК Изд-во стандартов. – 1998. – 30 с.

2. Качество электрической энергии Том 1 «Экономико-правовая база Качества электрической энергии в Украине и Евросоюзе» [Текст] / под ред. Гриба О.Г. / Харьков : Монография ПП «Граф-Ікс», 2014г. – 300 с.

ВЛИЯНИЕ ВЫСШИХ ГАРМОНИК НА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

**Гриб О.Г., Шевченко С.Ю., Гапон Д.А., Иерусалимова Т.С.,
Бортников А.В.**

*Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт, ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

Каждое аварийное отключение ЛЭП требует анализа обстоятельств его возникновения, что довольно часто сделать практически не возможно в силу отсутствия видимых причин перекрытия изоляции. В связи с этим, важное значение приобретают методы ранней оперативной диагностики технического состояния высоковольтных линий и, в частности, состояния проводов и изоляции ЛЭП.

В последнее время при диагностике состояния высоковольтной изоляции значительное внимание уделяется появлению высокочастотных составляющих электромагнитных колебаний, свидетельствующих об ухудшении ее состояния. Появление таких колебаний свидетельствует о наличии в конструкции ЛЭП ослабленных, с точки зрения электрической прочности участков. Это в свою очередь приводит к активизации и разрядных ионизационных процессов на ослабленных участках, которые и являются источником высокочастотных электромагнитных колебаний. Такими источниками могут быть повреждены элементарные проводники, которые составляют провода, дефекты подвесной арматуры, дефектные изоляторы. Подобные дефекты определить визуально, учитывая размеры ЛЭП практически не возможно. С другой стороны известно, что высокочастотные импульсы, влияющие на изоляцию, приводят к ухудшению ее характеристик, так называемому старению (ухудшению диэлектрических характеристик). Появление высокочастотных сигналов существенно ускоряет процесс старения изоляции. Кроме того скорость старения изоляции зависит от напряженности поля в изоляционном материале.

В работе [1] появление высокочастотных колебаний связывают с наличием частичных разрядов в изоляторах, что приводит к преждевременному старению изоляции. Выполненные в [2] исследования показали, что источником высокочастотных колебаний могут быть как, изоляторы воздушных линий электропередачи так и провода при наличии короны. Следует отметить, что в этом случае фоном усиливающим ухудшение состояние изоляции могут быть высшие гармоники сгенерированные мощными потребителями электроэнергии (промышленные предприятия). Это обусловлено тем, что в месте дефекта изоляции происходит постоянная поляризация и при перенапряжении в сети в этом месте может произойти пробой изоляции. В [3, 4]

рассматриваются способы диагностики изоляторов акустическим и электромагнитным методами. Сравнение этих методов показывает более высокую чувствительность электромагнитного, что позволяет нам сделать вывод о наличии в частотном спектре излучения дефектных изоляторов колебаний с частотами отличными от акустического диапазона.

Известно, что основными диэлектрическими материалами при изготовлении изоляторов являются стекло и фарфор (фарфор). Дефекты фарфоровых изоляторов могут быть обнаружены по наличию тепловых аномалий, в случае присутствия развитой продольной трещины в условиях повышенного увлажнения или загрязнения поверхности изолятора, или дефектов цементного заложения, а также за наличием коронного разряда в зонах с повышенным уровнем напряженности поля. Стекланные изоляторы, в отличие от фарфоровых, всегда считались «самодефектирующимися», то есть закаленное стекло при повреждениях разрушается под действием механических напряжений. Однако возможно существенное ухудшение изолирующих свойств стекланных изоляторов при появлении на их поверхности скользящих разрядов. Источником скользящих разрядов, в этом случае, может быть изоляционная конструкция между стержнем и шапкой тарельчатого изолятора, которая состоит из последовательного электрического соединения элементов: цементной заделки стержня - тело диэлектрика (стекла) - цементная заделка шапки. Последнюю не будем брать во внимание, поскольку напряженность электрического поля в ней практически на порядок меньше в сравнении с цементной заделкой стержня.

Список литературы

1. Колечицкий Е.С. Расчет электрических полей устройств высокого напряжения [Текст] / Колечицкий Е.С. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 168с.
- 2.Справочник по электротехническим материалам: В 3 т. Т. 2 [Текст] /Под ред. Ю.В. Корицкого и др.– 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1987.– 464 с.
3. Изоляторы линейные подвесные. Типы, параметры и размеры : ГОСТ 27661-88. – Введ. 01.01.89.
- 4.Su C. Overview of Electromagnetic Modeling Software / C. Su, H.Ke, T. Hubing // 25th Annual Review of Progress in Applied Computational Electromagnetics, 8-12 March 2009. – P. 736-741.

АКТУАЛЬНОСТЬ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА НАРУШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ КОЛЕБАНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ

Сендерович Г.А., Дяченко А.В.

*Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт» ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

Повышение качества электроэнергии (КЭ) – актуальная задача развития электроэнергетики, направленная на понижение потерь электроэнергии, повышение срока службы электрооборудования, обеспечение условий нормального технологического процесса потребителей электроэнергии.

На сегодняшний день в Украине показатели качества электроэнергии (ПКЭ) почти не контролируются. Электропередающие организации при выдаче технических условий на подключение потребителей электроэнергии и при заключении договоров о поставках электроэнергии не включают в них требования по (ПКЭ), не определяют условия осуществления контроля этих показателей. Если контроль если и проводится, то только формальный, без применения каких-либо мер по приведению (ПКЭ) к уровню, определенному государственным стандартом.

Важным условием повышения контроля и КЭ в электрических сетях Украины является заинтересованность в этом субъектов распределения и потребления электроэнергии. Путь к повышению заинтересованности к обеспечению необходимого КЭ проходит через введение материальной ответственности поставщиков и потребителей за превышение допустимых отклонений ПКЭ.

В данный момент можно говорить о том, что разработаны методы и методики определения долевого участия субъектов распределения электроэнергии в ответственности за нарушение КЭ в трехфазных силовых сетях по следующим (ПКЭ): симметрия напряжений (K_{2U} , K_{0U}) [1], синусоидальность кривой напряжения (K_U , $K_{U(n)}$) [2] и установившееся отклонение напряжения (δU_y) [3]. Разработана также комплексная методика, объединяющая три названные методики [4].

Не рассмотрены показатели, характеризующие колебания напряжения: размах изменения напряжения (δU_t) и доза фликера (P_f). Которые вызываются резким изменением нагрузки на рассматриваемом участке электрической сети, например, включением асинхронного двигателя с большой кратностью пускового тока. Они вызываются также технологическими установками с быстропеременным режимом работы, сопровождающимися набросами активной и реактивной мощностей (в основном при набросах реактивной мощности) – такими как, привод реверсивных прокатных станов, дуговые сталеплавильные печи, сварочные аппараты и т.п.

Эти показатели, как и предыдущие, представляют продолжительные изменения характеристик напряжения, что предполагает потенциальную возможность для изучения закономерностей их возникновения и детерминированного распределения ответственности за эти нарушения между субъектами. Выполнение разработок в данном направлении сделает определение ответственности за нарушение КЭ более полным и принципиальным, что в дальнейшем позволит разработать прибор учета, который определяет ответственность согласно действующему законодательству, и имеет гибкий алгоритм для дальнейшего усовершенствования. Такой прибор должен фиксировать отклонения по всем вышеприведенным показателям, и делать обобщенный вывод об ответственности сторон.

Выводы:

1. Необходимо завершить разработки методов и методик детерминированного распределения ответственности за нарушение КЭ по показателям, которые представляют длительные изменения характеристик напряжения (колебания напряжения).

2. Требуется обеспечить заинтересованность субъектов процесса распределения и потребления электроэнергии в уменьшении уровня КН до допустимых значений. В качестве стимула повышения заинтересованности авторы рассматривают введение ответственности субъектов за нарушение требований к КЭ, в частности по КН.

Список литературы

1. Гриб О.Г. Алгоритм реализации методики распределения ответственности за искажение симметрии [Текст] / Гриб О.Г., Сендерович Г.А., Сендерович П.Г. // Вісник Національного технічного університету «Харківський Політехнічний інститут» – Харків: НТУ «ХПІ», 2006. – №10 – С. 7-13.

2. Алгоритм реализации методики распределения ответственности за искажение синусоидальности [Текст] / Гриб О.Г., Сендерович Г.А., Сендерович П.Г. // Коммунальное хозяйство городов: Научно-техн. сб. Сер. Техн. науки и архитектура – К.: Техніка, 2006. – Вып. 67 – С. 237-246.

3. Сендерович П.Г. Методика и алгоритм определения ответственности за превышение допустимого отклонения напряжения [Текст] / Сендерович П.Г. // Вісник Харківського Національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка: «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – 2006. – Вип.43, том 1. – С. 59-65.

4. Сендерович П.Г. Определение ответственности за нарушение качества в приборах учета электроэнергии [Текст] / Сендерович П.Г. // Международный научно-технический журнал «Светотехника та електроенергетика». – 2006. – №7-8 – С. 48-53.

МОНИТОРИНГ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НА БАЗЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Сокол Е.И.¹⁾, Резинкина М.М.²⁾, Зуев А.А.¹⁾, Бортников А.В.¹⁾

¹⁾*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

²⁾*«Институт технических проблем магнетизма Национальной академии наук Украины», ул. Индустриальная 19, г. Харьков, Украина, 61106*

В настоящее время проблема обеспечения энергетической безопасности Украины весьма актуальна. При этом особое значение приобретает мониторинг состояния систем передачи электроэнергии от производителя к потребителю. Такой мониторинг должен быть направлен на предотвращение аварийных отключений линий электропередачи (ЛЭП), а также скорейшего восстановления их работоспособности, если такое отключение произошло. К наиболее перспективным современным методам диагностики состояния ЛЭП относится мониторинг с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Такой мониторинг получил широкое развитие за рубежом [1-3]. При этом осуществляется контроль состояния ЛЭП путем ее оптической регистрации, регистрации с помощью тепловизоров, а также регистрации частичных разрядов, имеющих место в изоляции.

Как показывает анализ причин отказов ЛЭП, энергосистема которой весьма похожа на энергосистему Украины, они в основном происходят на ЛЭП 110 кВ – 86 %, 11 % - на ЛЭП 220 кВ и 3 % ЛЭП 330-750 кВ (см. [1]). Такое распределение числа отказов пропорционально длине соответствующих ЛЭП. Наибольшее число аварийных отключений ЛЭП вызвано повреждением проводов и грозозащитных тросов – 56 %. Другими причинами, вызывающими отключения ЛЭП, являются такие повреждения как пробой изоляторов – 19 %, повреждения опор - 15 % и других элементов ЛЭП – 10 %. Согласно имеющейся статистике, резкое возрастание аварийных отключений ЛЭП происходит в весенне-летний период из-за перекрытий изоляционных промежутков зелеными насаждениями. Велико также число аварийных отключений ЛЭП из-за вандализма, такого как разрушение гирлянд изоляторов, похищение проводов и элементов опор ЛЭП, набросы на провода ЛЭП и др. [1].

Исходя из вышеизложенного, оперативный контроль состояния ЛЭП, а также высоковольтных подстанций, являющихся неотъемлемой частью системы энергоснабжения, и устранение причин аварийных отключений оказывается весьма эффективным. Целью данной работы является разработка алгоритма комплексного автоматизированного

мониторинга объектов энергетической системы Украины, направленная на обеспечение ее безопасного функционирования

Известны запатентованные технические решения, целью которых является обеспечение управления движением БПЛА с помощью измерения напряженности электрического или магнитного поля. Данные решения использованы в разработке методики мониторинга безопасности объектов энергетической системы Украины. Такая методика предусматривает создание паспортов – эталонов, описывающих функционирование ЛЭП и высоковольтных подстанций в штатном режиме.

Данные паспорта – эталоны должны включать оптические изображения исследуемых объектов и их изображения в инфракрасном диапазоне, полученные с помощью тепловизоров. В состав таких паспортов должны входить также карты уровней напряженности электрического и магнитного полей, полученных с помощью расчетов и измерений на определенных расстояниях над линиями ЛЭП, а также на определенных расстояниях над высоковольтными подстанциями. Предполагается, что БПЛА будут с заданной периодичностью производить аэрофотосъемку исследуемых объектов в оптическом и инфракрасном диапазонах, а также измерять напряженности их ЭП и МП. Предполагается, что внеплановые облеты будут производиться при аварийных ситуациях на ЛЭП для определения места и характера повреждений. Сравнение с помощью разработанного программного обеспечения данных, регистрируемых при облетах БПЛА, с данными паспорта – эталона исследуемого объекта позволит принимать оперативные решения по его текущему состоянию: устранять возникшие нарушения, наличие которых может привести к аварийным отказам, или находить места аварий, если их не удалось избежать.

Список литературы

1. Арбузов Р.С. Современные методы диагностики воздушных линий электропередачи [Текст] / Арбузов Р.С., Овсянников А.Г. – Новосибирск: Наука, 2009. – 136 с.
2. Skarbek L. Damage detection strategies in structural health monitoring of overhead power transmission system / Skarbek L., Zak A., Ambroziak D. // 7th European Workshop on Structural Health Monitoring July 8-11, 2014. La Cité, Nantes, France. P. 663-670.
3. Li L. The UAV intelligent inspection of transmission lines / Li L. // International Conference on Advances in Mechanical Engineering and Industrial Informatics (AMEII 2015). P. 1542-1545.

СЕКЦИЯ 1. АВТОМАТИКА ТА УПРАВЛІННЯ В ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

1. <i>Ащепкова Н.С., Марцинкевич О. П.</i> Розробка системи автоматизованого складу «Нової пошти».....	3
2. <i>Ащепкова Н.С., Панченко О. В.</i> Імітаційне моделювання системи керування ділянки по виготовленню деталей тиском.....	5
3. <i>Вольнец Л.В., Либерг И.Г.</i> Тестирование программного обеспечения с помощью генетических алгоритмов.....	7
4. <i>Евсеенко О. Н.</i> Построение аппроксимирующей плоскости по результатам экспериментов над тепловым объектом.....	9
5. <i>Запорожский В. В., Караман Д. Г.</i> Методы компенсации ошибок в бесплатформенных инерциальных навигационных системах.....	11
6. <i>Качанов П.А., Зуев А.А., Яценко К.Н.</i> Эффект проекции панини как средство уменьшения перспективных искажений.....	13
7. <i>Крылова В.А.</i> Универсальные методы защиты информации и особенности их реализации.....	15
8. <i>Кулаков П.И., Гнесь Т.В.</i> Чесальна установка з системою радіочастотної ідентифікації тварини.....	17
9. <i>Патлаенко Н.А., Ошаровская Е.В.</i> Вейвлет преобразования для сжатия трёхмерных ТВ-изображений.....	19
10. <i>Сацкая А. С., Караман Д. Г.</i> Эффективный метод получения равномерно распределенных чисел с помощью 8-разрядного микроконтроллера.....	21
11. <i>Шолохов А.В.</i> Управление ориентацией спутника робастным эллипсоидальным алгоритмом с использованием сигналов позиционных датчиков и динамического уравнения Эйлера.....	23

СЕКЦИЯ 2. МЕДИЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

1. <i>Апикова А. Е.</i> Диагностика пневмоний методом пассивной эхолокации на ранних стадиях.....	25
------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

2. <i>Викарий Е.Г., Корнеева Е.Р., Томашевский Р.С.</i>	
Система для регистрации вызванных потенциалов в жидких биологических средах.....	27
3. <i>Глухенькая Т.А., Кипенский А.В., Король Е.И., Назаров Е.И.</i>	
Моделирование процессов озонирования физиологического раствора и разложения озона в нем.....	29
4. <i>Гордеев А.Д.</i>	
Система прийняття рішень щодо професійної придатності операторів екстремальних видів діяльності.....	31
5. <i>Дубровская Ю.А., Рауш Е.И.</i>	
Система определения радиационного поражения человека.....	33
6. <i>Ільвовська А. В., Поворознюк А. І.</i>	
Застосування фрактальної обробки для аналізу напівтонових медичних зображень.....	35
7. <i>Колесник К.В., Шишкин М.А.</i>	
Телемедицина в современной кардиологии.....	37
8. <i>Колісник К.В., Дмитрієнко С.М.</i>	
Прецизионный термостат приладу для біохімічного обстеження складу крові.....	39
9. <i>Крашений І.Е.</i>	
Діагностика хвороби Альцгеймера на основі класифікації ПЕТ-зображень мозку людини.....	41
10. <i>Мещанинов С.К., Льдовская А.В., Трикило А.И., Клочко К.А.</i>	
Адаптивная модель системы дистанционного контроля психофизиологического состояния человека.....	43
11. <i>Мумладзе Г.Р., Поворознюк А.І.</i>	
Розробка системи підтримки прийняття рішень лікарсько-діагностичних заходів.....	45
12. <i>Панічев О.Ю.1, Попов А.О.1, Харитонов В.І.</i>	
Пацієнт-специфічне прогнозування епілептичних нападів на основі аналізу зв'язків між областями мозку.....	47
13. <i>Порева А.С., Гончаренко А. А.</i>	
Анализ звуков дыхания с использованием статистик высших порядков.....	49
14. <i>Родин С.И., Поворознюк А.И.</i>	
Проблемы улучшения качества медицинских изображений.....	51
15. <i>Самынина М.Г., Шигимага В.А.</i>	
Метод и устройство для диагностики репродуктивной функции самок млекопитающих по температурному показателю.....	53
16. <i>Святний Є.В., Велігорський О.А.</i>	
Порівняльний аналіз методів міографії в системах розпізнавання рухів верхніх кінцівок людини.....	55

17. <i>Сікач А. В., Шуляк О. П.</i>	
Про оцінку інформативності відведень електрокардіограм у визначенні типів QRS–комплексів в розпізнавальній системі, що навчається з вчителем.....	57
18. <i>Сітенко О.М., Жорник Є.В., Галиця В.І.</i>	
Методи та засоби діагностування психофізіологічних параметрів стану водіїв.....	59
19. <i>Собова С.Ю.</i>	
Аналіз методів оцінювання ефективності медичних послуг.....	61
20. <i>Сокол Е.И., Лапта С.С., Чмыхова О.В.</i>	
Программно-аппаратный комплекс ускоренного подбора режима пероральной компенсации СД2.....	63
21. <i>Сокол Е.И., Лапта С.С.</i>	
Перспективы совершенствования технических средств инсулинотерапии сахарного диабета.....	65
22. <i>Ткачук Б.В., Томашевский Р.С.</i>	
Перспективы развития метода биоимпедансометрии для определения объемов жидких сред организма.....	67
23. <i>Томашевский Р.С., Домарев А.П., Батаченко С.Н.</i>	
Установка для антиоксидантной оценки пищевых продуктов.....	69
24. <i>Томашевский Р.С., Колесник К.В., Савченко К.А.</i>	
Метод оценки параметров турбинных спирометров.....	71
25. <i>Тур А.В., Шуляк О. П.</i>	
Особливості застосування моделі перехідних процесів в частоті серцевих скорочень під час моніторингу пацієнта в умовах повсякденного фізичного навантаження.....	73
26. <i>Ушенко В.О., Дуболазов О.В., Ушенко Ю.О., Олар О.І., Новаковська О.Ю.</i>	
Диференціація параметрів лінійного та циркулярного двопротенезаломлення доброякісних і злоякісних пухлин.....	75
27. <i>Ушенко В.О., Ушенко О.Г., Мінцер О.П., Олар О.В., Бурковець Д.М., Бесага Р.М.</i>	
Інформаційний алгоритм мюллер-матричного описання оптичної анізотропії біологічних шарів.....	77
28. <i>Ушенко В.О., Ушенко Ю.О., Новаковська О.Ю., Олар О.І.</i>	
Мюллер-матричне картографування кровонаповнених біологічних тканин.....	79
29. <i>Ушенко О.Г., Дуболазов О.В., Новаковська О.Ю., Олар О.В.</i>	
Мюллер-матричні інваріанти, що характеризують оптичну анізотропію гістологічних зрізів біологічних тканин.....	81

30. Ушенко О.Г., Ушенко В.О., Дуболазов О.В., Солтис І.В., Олар О.В., Мотрич А.В., Новаковська О.Ю.	
Методи і засоби Фур'є-стоксполяриметрії та просторово-частотна фільтрація проявів фазової анізотропії.....	83
31. Ушенко О.Г., Ушенко В.О., Новаковська О.Ю., Олар О.І., Бурковець Д.М., Бесага Р.М.	
Поляризаційна реконструкція параметрів оптичної анізотропії плівок жовчі людини.....	85
32. Ушенко Ю.О., Дуболазов О.В., Ушенко В.О., Горський М.П., Бурковець Д.М., Бесага Р.М.	
Азимутально-інваріантне Мюллер-матричне картографування оптично анізотропних мереж біологічних шарів.....	87
33. Харченко Є.С., Поворознюк А.І.	
Методи аналізу медичних даних в діагностичній системі на основі нечіткої логіки.....	89
34. Шачиков А. Д., Шуляк О. П.	
Комплексирование и отбор информативных признаков распознаваемых сигналов в системах, обучаемых с учителем.....	91
35. Шелофаст В. А., Шуляк О. П.	
Бинарные признаки типов QRS-комплексов в электрокардиограмме и сравнение их информативности в распознающих системах, обучаемых с учителем.....	93
36. Шишкин М.А., Колесник К.В.	
Повышение достоверности кардиосигнала в задачах телемедицины.....	95
<u>СЕКЦІЯ 3. ПРИЛАДИ І МЕТОДИ КОНТРОЛЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ РЕЧОВИН</u>	
1. Безымянный Ю.Г., Гадзыра Н.Ф., Комаров К.А., Давидчук Н.К.	
Исследование возможности оценки износостойкости наноструктурированных сталей по результатам акустических измерений.....	97
2. Безымянный Ю.Г., Дервянко А.В., Колесников А.Н., Назаренко В.А., Талько О.В.	
Отработка технологии создания материалов на основе порошков алюминия с добавкой боридов алюминия по результатам акустических измерений.....	99
3. Безымянный Ю.Г., Козирацкий Е.А., Вдовиченко А.В., Евич Я.И.	
Сопоставление возможностей методов оценки модулей упругости в образцах материалов разной геометрии.....	101

4. Глоба С.М., Ігнатова О.М., Клещевников Д.А., Вусик М.М., Штих О.О. Застосування сучасних наборів дефектоскопічних матеріалів для контролю промислових об'єктів.....	103
5. Глоба С.М., Семенов С. Г., Хомяк Ю.В., Слободчук А. Ю., Акулов С. О. Моделювання накладного вихрострумowego перетворювача для контролю металовиробів.....	106
6. Горкунов Б.М., Сиренко Н.Н., Тищенко А.А., Шибан Тамер Многопараметровый вихретоковый преобразователь для контроля воздушных линий электропередач.....	109
7. Копотун Л.Р., Рахмонов Р.Х., Львов С.Г. Дослідження магнітопорошкового методу контролю зварних з'єднань.....	111
8. Степанова А. Д., Кравченко Є. В., Львов С.Г. Дослідження хроматографічних методів аналізу.....	113
9. Сучков Г.М., Тараненко Ю.К., Десятниченко А.В. ЭМА преобразователь для толщиномера, не требующий калибровки.....	115
10. Тищенко А.А., Васильева Ю.С., Волокитина В.В. Электромагнитный контроль сварных соединений.....	117
11. Хомяк Ю.В., Глоба С.М., Слободчук А.Ю., Самойлік Д. О., Адонін В. І. Дослідження фазоімпульсного ферозонда.....	119
12. Хомяк Ю.В., Малащенко М. В., Зажимакин В. М. Дослідження вихрострумowego перетворювача для контролю товщини діелектричних покриттів.....	121
13. Швец С.Н., Ливцов Ю.А., Яковенко В.В. Контроль параметров поверхностного слоя металла после накатки роликами.....	123

СЕКЦІЯ 4. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ І СИСТЕМИ

1. Балеv В.Н. Беспроводные интерфейсы в виртуальных средствах измерений.....	125
2. Волков А. Е. Применение теории нелинейной инвариантности в проблеме решения конфликтных ситуаций воздушных суден.....	127

3. Волков О.О., Захарова С.В., Кулагина А.Е., Паценко А.Н., Севрюкова О.В.	
Оценивание неопределенности при проведении межлабораторных испытаний.....	129
4. Волобуєв Р.В., Балєв В.М.	
Дослідження каналу зв'язку у розподіленій системі збору інформації та контролю.....	131
5. Волошенюк Д. А.	
Применение адаптивных систем для управления посадкой самолета по оптимальным и криволинейным траекториям.....	133
6. Гоц Н.Є., Дзіковська Ю.М.	
Визначення теплових втрат будинку за результатами тепловізійного дослідження.....	135
7. Григоренко І.В., Дудник О.В., Харченко О.В.	
Дослідження діагностичного приладу лазерних систем за допомогою комп'ютерного моделювання.....	137
8. Григоренко І.В., Стеценко В.О.	
Аналіз математичної моделі динамічної похибки для нелінійного вхідного сигналу вимірювальних перетворювачів (ВП).....	139
9. Григоренко І.В., Тонкіна Ю.М.	
Система контролю параметрів технологічного процесу виготовлення керамічної плитки.....	141
10. Довгалюк Б.П.	
Проблема створення комп'ютерної системи оптимізації витрати пиловугільного палива в домену піч.....	143
11. Дроздова Т.В.	
Забезпечення кваліметричної сумісності автоматизованої інформаційної системи контролю якості в процесі її функціонування.....	145
12. Заблоцький В.Ю., Приступа С.О., Ткачук А.А.	
Розробка системи вимірювання та контролю складових сил різання на токарях операціях.....	147
13. Іванова Є.В., Тополов І.І.	
Пристрій для повірки спідометру з приводом від гнучкого валу.....	149
14. Клочко Н.Б., Долішній Б.В.	
Метрологічні дослідження пульсаційних характеристик течії відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання.....	151
15. Комар Н.Н.	
Обеспечение надежности, качества и безопасности движения самолета средствами адаптивной системы управления.....	153
16. Кошевой Н.Д., Кошечая И.И., Рожнова Т.Г.	
Сравнительный анализ волоконно-оптических датчиков давления....	155

17. <i>Марченко Ю.О., Тополов І.І.</i>	
Розробка системи контролю рівня розплаву металу.....	157
18. <i>Опрышкина М.И., Бакоян М.Д.</i>	
Контроль параметров технологического процесса изготовления натурального кофе.....	159
19. <i>Ордець К.М., Тверитникова О.Є.</i>	
Сертифікація транспортних засобів в Україні.....	161
20. <i>Павленко Ю.Ф., Чуніхіна Т.В.</i>	
Квантові ефекти та їх використання в метрології.....	163
21. <i>Піндус Н.М., Винничук А.Г.</i>	
Аналіз методів виявлення витоків природного газу в газорозподільних мережах.....	165
22. <i>Романів В.М., Чеховський С.А., Улінчук Р.М.</i>	
Методика визначення вмісту основних вуглеводневих компонент природного газу в системах оцінювання теплотворної здатності газової суміші.....	167
23. <i>Тверитникова О.Є., Коржов І.М.</i>	
Метрологічне забезпечення автоматизованих систем обліку електричної енергії.....	169
24. <i>Тимошенко В.О., Павленко Ю.Ф.</i>	
Разработка системы менеджмента качества ННЦ «Институт метрологии».....	171
25. <i>Хіхло О.Ю., Тверитникова О.Є., Хіхло О.В.</i>	
Віртуальний випробувальний комплекс на базі програмного пакету LabVIEW.....	173
26. <i>Хниченко О.А., Живенко М.В., Щапов П.Ф., Кропачек О.Ю., Мигущенко Р.П.</i>	
Оптимізація інформаційного простору при вейвлет-перетвореннях вібросигналів.....	175

СЕКЦІЯ 5. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПРОЦЕСИ У ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДАХ

1. <i>Гринюк С.В., Заблоцький В.Ю.</i>	
Способи розмагнічування деталей машин та приладів.....	177
2. <i>Лавриненко О.В.</i>	
Выбор пьезоэлектрического материала для чувствительного элемента датчика и его применение в системах диагностики ДВС.....	179
3. <i>Резинкин О.Л., Данилюк А.Р., Ревуцкий В.И.</i>	
Использование нелинейных свойств MLCC конденсаторов для формирования мощных наносекундных импульсов.....	181

4. Резинкина М.М., Резинкин О.Л., Светличная Е.Е.	
Моделирование электрофизических процессов на последней стадии продвижения лидерного канала молнии к земле.....	183
5. Резинкина М.М., Резинкин О.Л., Сосина Е.В.	
Выбор параметров градиентных радиопоглощающих покрытий.....	185
6. Рудаков В.В., Коробко А.А.	
Анализ метрологических характеристик ступенчатого неоднородного коаксиального резонатора для диэлькометрии жидких сред в СВЧ диапазоне.....	187
7. Руденко С.С., Коліушко Д.Г.	
Перевірка адекватності математичної моделі діючого заземлювального пристрою, розташованого в трьохшаровому ґрунті.....	189

СЕКЦИЯ 6. ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

1. Гриб О.Г., Белов Н. С.	
Актуальность построения цифровых подстанций в Украине.....	191
2. Гриб О.Г., Белов Н. С.	
МЭК 61970 как необходимый вариант замены протокола УППД в АСКУЭ ОРЭ Украины.....	193
3. Гриб О.Г., Гапон Д.А., Иерусалимова Т.С., Дяченко А.В., Лелека А.В.	
Контроль качества электрической энергии на цифровой подстанции.....	195
4. Гриб О.Г., Шевченко С.Ю., Гапон Д.А., Иерусалимова Т.С., Бортников А.В.	
Влияние высших гармоник на электрооборудование высоковольтных подстанций.....	197
5. Сендерович Г.А., Дяченко А.В.	
Актуальность задачи определения ответственности за нарушение качества электрической энергии по показателям колебаний напряжения.....	199
6. Сокол Е.И., Резинкина М.М., Зуев А.А., Бортников А.В.	
Мониторинг безопасности высоковольтных линий электропередач на базе беспилотных летательных аппаратов.....	201

Наукове видання

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
АВТОМАТИКИ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ**

**Матеріали
II Всеукраїнської науково-технічної конференції**

10-11 грудня 2015

Українською та російською мовами

Відповідальний за випуск доц. *Т.В. Чуніхіна*
Дизайн обкладинки *І.І. Тополов*
В авторській редакції

Підписано до друку 02.12.2015 Друк цифровий.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman
Формат 80x84, 1/16. Ум-друк. арк. 10,86 Обл-вид. арк. 12,18
Тираж 300 примірників. Замовлення № 9

Видавець: ТОВ «В справі», <http://vdele.in.ua>
Виготовлювач: ФОП Панов А. М.
свідоцтво серії ДК №4847 61002, від 06. 02. 2015 р.
м. Харків, вул. Раднаркомівська, 10 оф. 6
тел.+38 (057)714-06-74, +38(050) 976-32-87
copy@vlavke.com.ua, <http://vlavke.com.ua>