МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«Харківський політехнічний інститут»



МАТЕРІАЛИ
III Міжнародної науково-технічної конференції

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

3-4 грудня 2020 р.

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Харківський національний університет радіоелектроніки
Національний науковий центр «Інститут метрології»
Український науково-дослідний інститут олій та жирів
Стамбульський технічний університет
Технічний університет-Софія
Таллінський технологічний університет

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

Матеріали ІІІ Міжнародної
науково-технічної конференції

03-04 грудня 2020 р.

м. Харків
2020

Голова Програмного комітету – д.т.н., проф. Марченко Андрій Петрович, НТУ «ХПІ»

Організаційний комітет:
Голова – д.т.н., проф. Лісачук Георгій Вікторович, НТУ «ХПІ»
Учений секретар – к.т.н., доц. Чуніхіна Тетяна Віталіївна, НТУ «ХПІ»

Редакційна колегія
члени редколегії:
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»
І.О. Лаврова, к.т.н., доц, НТУ «ХПІ»
А.В. Кіпенський, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»
відповідальний секретар
Т.В. Чуніхіна, к.т.н., доц., НТУ «ХПІ»

Видається за рішенням Вченої ради НТУ «ХПІ»
(протокол № 6 від 13 листопада 2020 р.)

А 43 Актуальні проблеми автоматики та приладобудування :матеріали III Міжнарод. наук.-техн. конфер., 03-04 грудня 2020 р. / Г.В. Лісачук (голова оргком.) – Х. , 2020. – 156 с.

ISBN

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

СЕКЦІЯ 1. АВТОМАТИКА ТА УПРАВЛІННЯ В ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

DEVELOPMENT OF A COMPUTER MODEL OF THE POWER SUPPLY SYSTEM OF THE INSTITUTE OF IONOSPHERE NAS AND MES OF UKRAINE

Gapon A., Kozlov S., Yevseienko O., Levon O.
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", 2, Kyrpychova str., 61002, Kharkiv, Ukraine,
E-mail: gaponold54@gmail.com, ksser300@gmail.com, olegyevseienko@gmail.com, elena_levon@ukr.net

The Institute of the Ionosphere is a major world research center with a unique tool for the study of near-Earth space and solar-terrestrial relations. The research complex of the Institute is an object of the National Heritage of Ukraine. Every year, due to the rising cost of electricity, conducting experiments becomes more expensive. The experimental complex of the Institute is also a large energy consumer. The structural scheme of connection of energy consumers of the institute is shown in the Fig. 1.

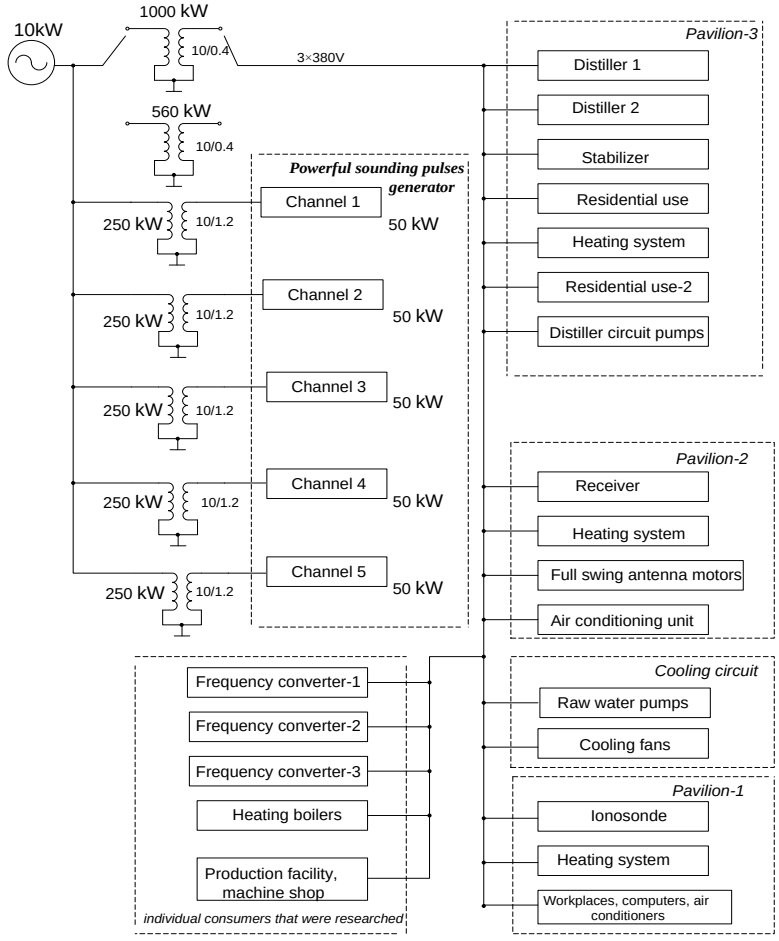


Figure 1 – The structural scheme of connection of energy consumers

The most powerful energy consumer of the institute is the generator of powerful probing pulses. It is the part of the radio transmitting device of incoherent scattering radar. The average power consumption of a radio transmitter of incoherent scattering radar is about 100 kW, and the pulse 2 MW. If four channels of the generator work, the average power consumption is about 400 kW.

Matlab-model of one channel of the powerful sounding pulses generator is shown in Fig. 2.

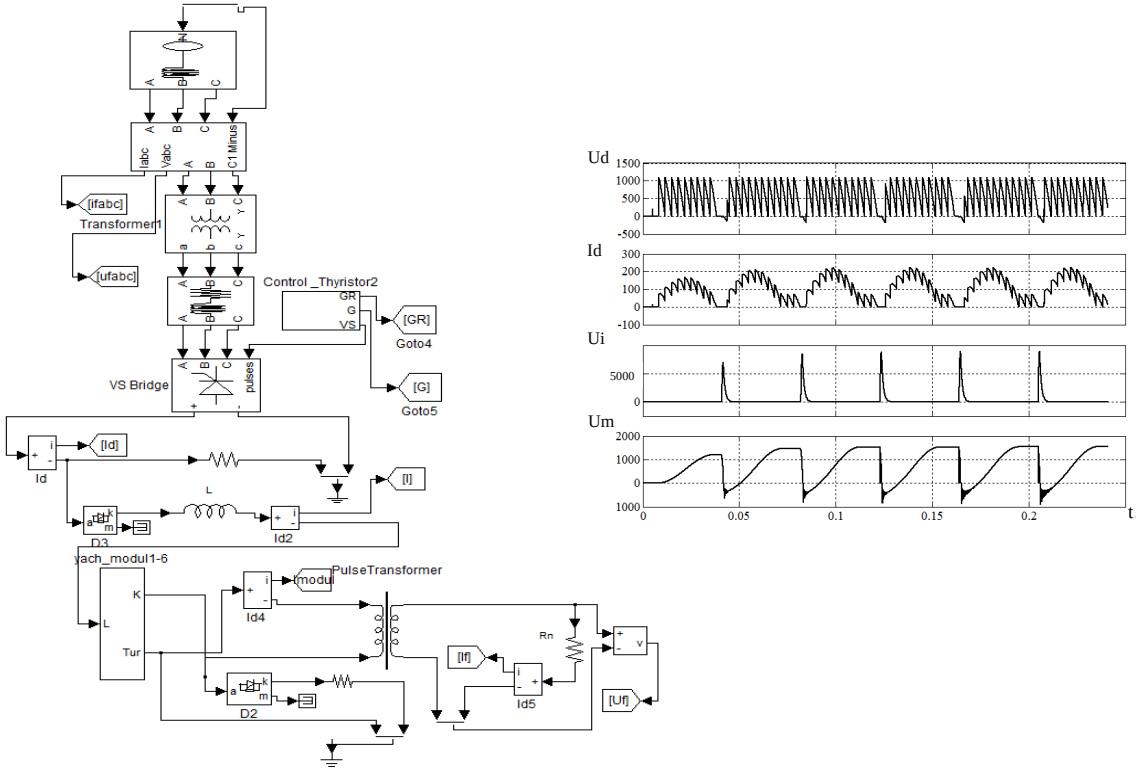


Figure 2 – Matlab-model of a powerful sounding pulses generator (one channel)

The study of electromagnetic processes of the power supply system of the powerful sounding pulses generator is performed. The energy characteristics of the shaper are studied. It was found that the parameters of the generator, as well as features of its modes significantly affect the ranges of inactive components of total power, namely: not synchronized with the frequency of the supply network frequency of high-frequency sounding pulses Fi = 24.4 Hz, large range of changes in active power consumption during its operation. A computer model of the entire power supply system of the Ionosphere Institute has been developed and studied. Based on the analysis of the energy indicators of the power supply system of the Institute of the Ionosphere, methods for regulating quality indicators using inactive components of total power, it is proposed to use a multifunctional compensator of inactive components of total power (filter compensating device), designed to suppress (filter) higher harmonics of the current generated by the driver into the supply network , compensation of the reactive component of the main harmonic of the line current.

ВИКОРИСТАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО МОДУЛЯ ARDUINO MEGA 2560 ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ РОБОТОМ М20П

Аніщенко М.В.[1)], Кривонос М.В.[2)], Плюснін К.Д.[3)]

[1)] Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова 2, Харків, Україна, 61002, anishchenkonikolay@gmail.com

[2)] Приватний підприємець, вул. Польова 3, с. Р. Лозова, Харківської області, Україна, 62332, mikhailkrivonos96@gmail.com

[3)] Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова 2, Харків, Україна, 61002, kirill.pluss777@gmail.com

Під час виконання модернізації системи керування промислового роботу М20П.40.01 замість ЕОМ пристрою числового програмного керування було вирішено використовувати модуль Arduino Mega 2560 на базі мікроконтролера Atmega 2560 [1].

Для керування переміщеннями роботу за трьома вісями координат використовуються двигуни постійного струму. Переміщення ступенів руху роботу за координатами виконується послідовно. Керування двигунами виконує тиристорний перетворювач комплектного електроприводу. Блок реле комутатора послідовно підключає обраний двигун до перетворювача (рис. 1). Мікроконтролер Atmega2560 забезпечує широтно-імпульсну модуляцію (ШІМ) для формування сигналу керування тиристорним перетворювачем. ШІМ сигнал задає величину швидкості та напрямок обертання обраного двигуна. Для зв'язку мікроконтролера з тиристорним перетворювачем на основі оптопар розроблений драйвер керування перетворювачем. Драйвер керування силовими реле комутатора також розроблений з використанням оптопар.

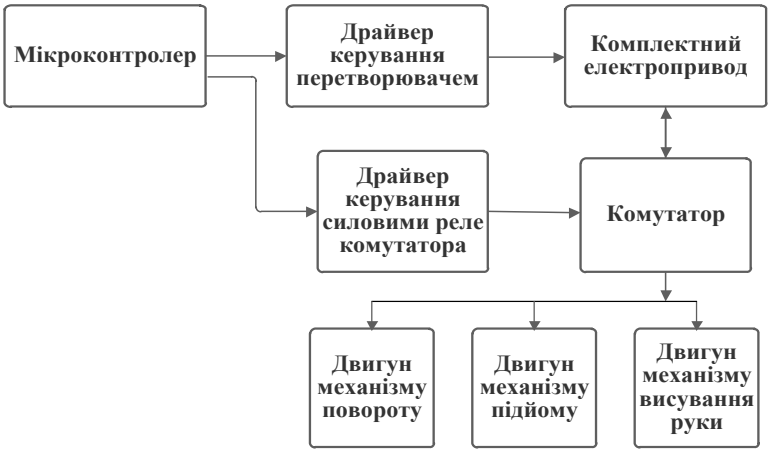


Рисунок 1 – Функціональна схема системи керування

Для розробки програмного забезпечення робота були використані два середовища: Qt фреймворк та Arduino IDE. За допомогою програмного забезпечення Arduino IDE була розроблена основна програма роботи плати Arduino Mega.

Qt фреймворк – крос-платформне інтегроване середовище IDE розробки програмного забезпечення мовою програмування C++. Це середовище застосовувалося для розробки інтерфейсу користувача та керування роботом за допомогою ПК (рис. 2).

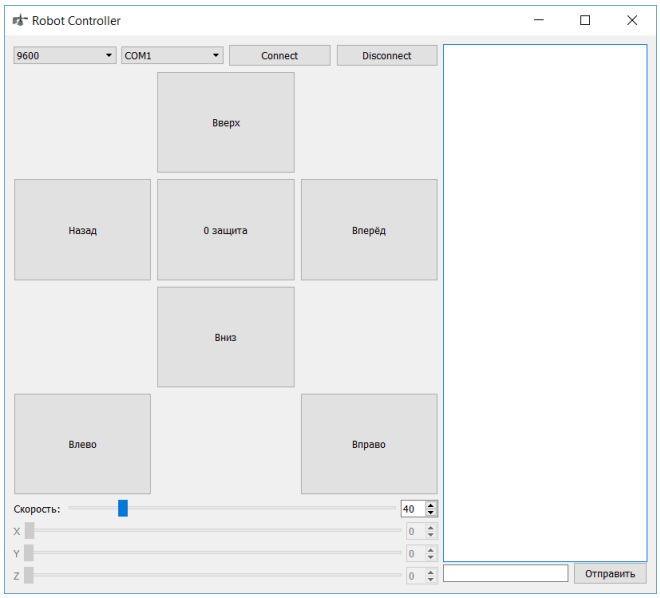


Рисунок 2 – Інтерфейс користувача

Готовність схеми до роботи задається при скиданні нульового захисту перетворювача кнопкою «0 защита». Повзунок «Скорость» встановлює величину швидкості переміщення маніпулятора за всіма осями. Діапазон значень швидкості від 0 до 255.

При натисканні кнопок напрямку руху мікроконтролер отримає команди кодів напрямку руху та значення швидкості. Мікроконтролер включить відповідне реле та встановить задану шпаруватість ШІМ.

Список літератури

1. Кривонос М.В. Модернизация системы управления промышленным роботом М20П.40.01 / М.В. Кривонос, Н.В. Анищенко // XIII Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців» (19–22 листопада 2019 року): матеріали конференції / за ред. проф. Є.І. Сокола. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2019. – С. 212-213.

БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНА КВАЗІОПТИМАЛЬНА ПО ВИТРАТАМ ПАЛИВА І ЕКОЛОГІЧНИМ ПОКАЗНИКАМ СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА

Борисенко А.М., Кубрик Б.І., Лавріненко О.В.
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, вул. Кирпичова 2, 61002, lavrinol2004@gmail.com

При вирішенні задачі оптимізації управління по паливній економічності і токсичності відпрацьованих газів дизеля необхідно враховувати суперечливі залежності питомої ефективної витрати палива і викидів шкідливих речовин в атмосферу в функції координати паливодозуючого органу, повітропостачання дизеля і фази подачі палива на різних режимах роботи агрегату. Крім того, необхідно враховувати обмеження на ряд параметрів робочого процесу двигуна (максимальний тиск згоряння і швидкість його зміни по куту повороту колінчастого валу, температуру відпрацьованих газів і т.п.). Зміна фази подачі палива в різних діапазонах по-різному впливає на масу викидів окислів азоту, оксидів вуглецю, сажі і т.д.

Найбільш велике поширення в останні роки отримали такі методи оптимізації:

а) варіаційне числення;

б) динамічне програмування;

в) принцип максимуму;

г) математичне програмування.

Оскільки даний об'єкт має обмеження на змінні стану і на управління, обумовлені його фізичними характеристиками, варіаційне числення застосовувати недоцільно.

Основний недолік динамічного програмування полягає в необхідності великого обсягу пам'яті обчислювального пристрою, що використовується в якості оптимального регулятора. Крім того, становище ускладняється внаслідок наявності декількох управлінь (трьох в даному випадку), що, знову-таки, веде до зростання потрібного обсягу пам'яті на обчислення і зберігання всіх точок оптимальної траєкторії.

Розглянемо застосування принципу максимуму для отримання законів оптимального управління дизелем з газотурбінним наддувом в перехідних режимах, що викликаються зміною швидкісного і навантажувального режимів його роботи. При цьому момент збільшення навантаження і момент закінчення перехідного процесу невідомий, але задана тривалість перехідного процесу. Оскільки об'єкт управління розглядається як стаціонарна система, його реакція не залежить від моменту появи обурення. Крім того, величина приросту навантаження заздалегідь невідома.

Динаміка об'єкта задається системою диференціальних рівнянь при відповідних початкових умовах і обмеженнях на дії і параметри робочого

процесу двигуна. В якості критерію-функціоналу обраний адитивний квадратичний функціонал, в який входять кутова швидкість, координата паливодозуючого органу і маса токсичних викидів в атмосферу. З урахуванням цього критерію і системи рівнянь складається гамільтоніан (рис.1).

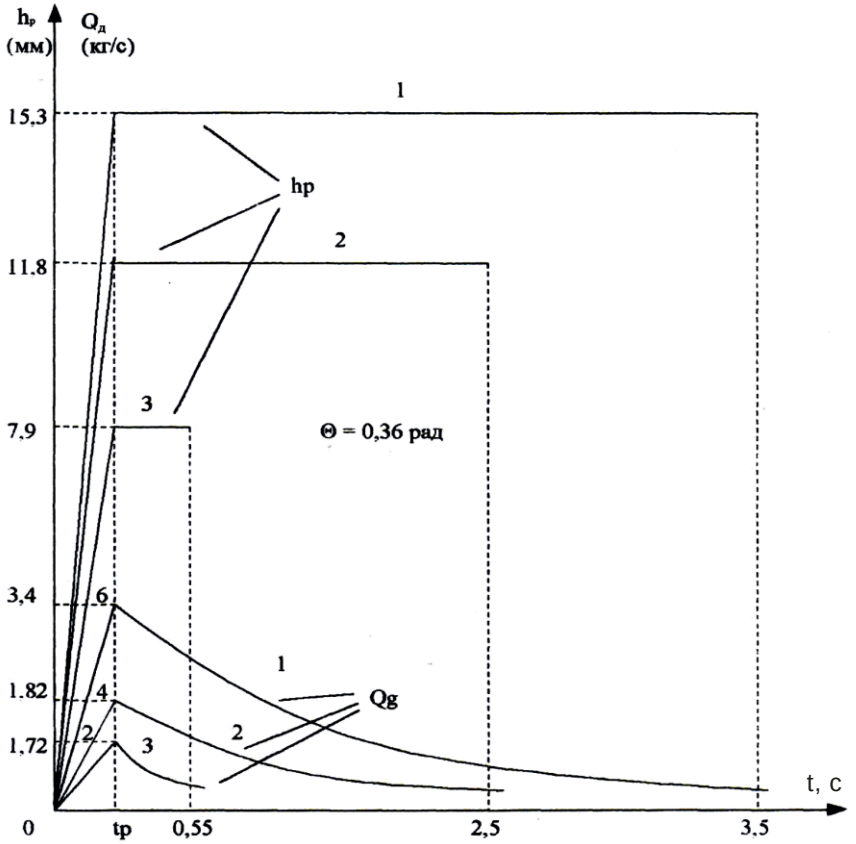


Рисунок 1 – Квазіоптимальні закони зміни додаткового повітропостачання та рейки паливного насосу

Умова рівності нулю максимуму гамільтоніану справедлива для даного об’єкту регулювання, тому що система рівнянь інваріантна в часі, час закінчення перехідного процесу не задано і підінтегральна функція критерію-функціоналу також інваріантна у часі. Тоді гамільтоніан враховує координату паливодозуючого органу, кутову швидкість колінчастого валу дизеля, кількість повітря, що надходить в циліндри дизеля, кутову швидкість ротора турбокомпресора і кут випередження подачі палива. Рівність нулю максимуму цього гамільтоніану визначає необхідну умову оптимальності управління.

Отже, отримане квазіоптимальне управління реалізуються електронною системою на мікроконтролерах на середньообертових дизелях потужністю 2225 кВт і це дозволило знизити викиди шкідливих речовин в атмосферу в процесі експлуатації в середньому на 25–37%.

МОДЕЛЮВАННЯ ЦИФРОВОГО ФІЛЬТРУ З ПОСТФІЛЬТРАЦІЙНИМ ПРИЙНЯТТЯМ РІШЕННЯ

Васильченков О.Г., Сальніков Д.В.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова 2, Харків, Україна, 61002
dmitrey.salnikov@gmail.com

На поточний момент системи, що використовують аналоговий відео сигнал, активно витісняються на користь цифрових рішень. Проте, існує величезна кількість областей (управління безпілотними літальними засобами, автомобілями, передача сигналів з космосу і т.п.), в яких критичне значення має затримка сигналу. Тому, як наслідок, швидкість обробки зображення в таких системах є актуальною.

Найбільш продуктивними фільтрами зображень можна вважати фільтри з детекторами шуму [1-3]. Наявність складних обчислень нелінійної природи в подібних алгоритмах ускладнює оптимізацію фільтрів для будь-якої апаратної платформи у зв'язку з наявністю «витратних» з точки зору використання апаратних ресурсів математичних операцій.

Сучасна індустрія обробки зображень активно використовує алгоритми машинного навчання. На даний час популярні нейромережеві фільтри [4] дозволяють домогтися високої якості придушення завад.

Не дивлячись на високу якість зображення подібні рішення вносять суттєву затримку в сигнал що фільтрується. Що може бути неприйнятно для областей де, вимагають забезпечити швидку реакцію на те, що відбувається перед камерою.

На кафедрі АУТС НТУ «ХПІ» проводяться дослідження ефективності застосування різних моделей фільтрів зображень при впливі шуму різноманітних моделей. Для придушення імпульсних завад був запропонований «Модифікований медіанний фільтр з пост фільтраційним прийняттям рішення» [5]. В ході роботи проведено моделювання імплементації фільтра для ПЛІС Intel Cyclone V.

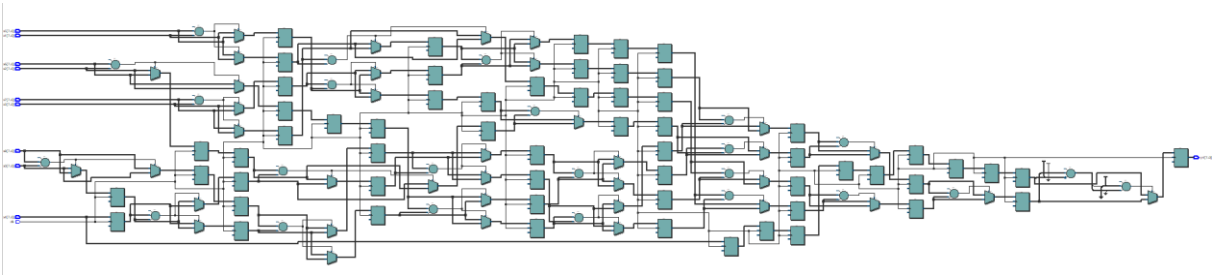


Рисунок 1 – Результат синтезу фільтра на ПЛІС Intel Cyclone V

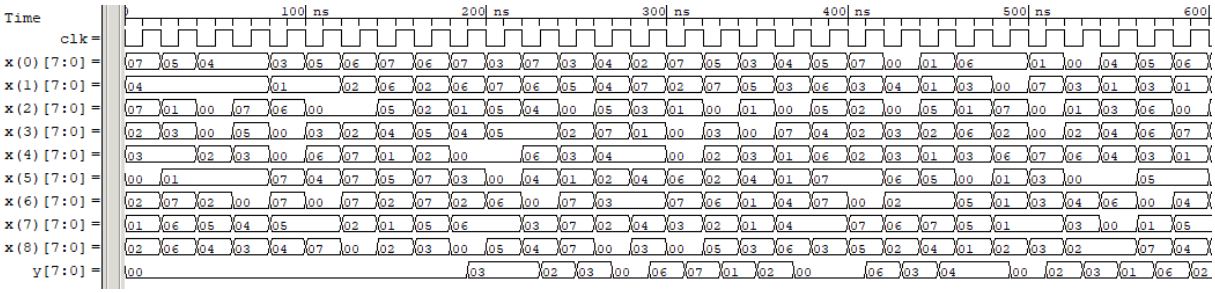


Рисунок 2 – Часові діаграми роботи фільтра з пост фільтраційними прийняттям рішення

Було проведено VHDL моделювання роботи фільтру з кількома граничними значеннями порогу фільтрації. З результатів моделювання фільтра видно, що його структура дозволяє проводити фільтрацію з низькими часовими затримками і апаратними витратами.

Запропонований фільтр з низьким граничним значенням має високу детектуючу здатність, яка порівнянна з рівнем детектування одного з найкращих нелінійних цифрових фільтрів зображень - ASWM[1]. У той же час рівень хибно детектованих як шум пікселів істотно вище, що може привести до згладжування картинки і, як наслідок, зниження якості зображення. Проте, фільтр з великим граничним значенням має більшу якість роботи ніж ASWM на всьому дослідженому діапазоні.

З огляду на отримані на даний момент результати, становить інтерес дослідження можливості подальшого «розпаралелювання» фільтра шляхом фільтрації зображення декількома конвеєрами одночасно, що може суттєво прискорити загальну швидкість обробки зображення.

Список літератури

1. A New Adaptive Switching Median Filter / S. Akkoul, R. Ledee, R. Leconge, R. Harba // IEEE Signal Processing Letters. – 2010. – Vol. 17. – No 6. – pp. 587–590.

2. Kang C. C. Modified switching median filter with one more noise detector for impulse noise removal / C. C. Kang, W. J.Wang // International Journal of Electronics and Communications. Modified switching median filter with one more noise detector for impulse noise removal. – 2009. – Vol.63(11). – pp. 998–1004.

3. Zhang S. A new impulse detector for switching median filters / S. Zhang, M.A. Karim // IEEE Signal Processing Letters. – 2002. – Vol.9. – pp. 360–363.

4. Harold C. Burger. Image denoising: Can plain Neural Networks compete with BM3D / Harold C. Burger, Christian J. Schuler // IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2012. – pp. 2392–2399.

5. Сальников В.Д. Модифицированный медианный фильтр с пост фильтрационным принятием решения / Д. В. Сальников, О. Г. Васильченков // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: ПНТУ, 2019. – Т. 1 (53). – С. 158-161.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНИМ КОМПЛЕКСОМ ІНСТИТУТУ ІОНОСФЕРИ НАН ТА МОН

Гапон А. І., Євсіна Н.О., Євсеєнко О. М., Козлов С. С., Лєвон О. О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002, E-mail: gaponold54@gmail.com, ksser300@gmail.com, olegyevseienko@gmail.com, elena_levon@ukr.net

Інститут іоносфери – це один з найбільших у світі науково-дослідних інститутів, що здійснює дослідження іонізованої частини атмосфери. Дослідницька частина інституту складається з каналів передавача, розподільної мережі, трьох павільйонів, основне навантаження яких складають: дистилятори, котел опалення, стабілізатор СТС, насоси контурів дистиляторів і сирої води, перетворювачі, антена, приймач.

Дослідження іоносфери проводяться з періодичністю від двох до чотирьох досліджень на місяць. Одне випробування займає п'ять днів поспіль. Улітку споживання за одне випробування становить близько 16060 кВт, а взимку близько 18720 кВт. У зв'язку з високою вартістю за 1 кВт електроенергії щорічні дослідження обходяться інституту в досить значну суму.

У сучасному світі з метою економії електроенергії існує тенденція відмови від використання електричної енергії на користь альтернативних джерел, таких як сонце, вітер, вода. Україна і Харків завдяки своєму географічному розміщенню і помірно континентальному клімату мають сумарний річний рівень сонячного опромінення на рівні 1200 кВт·год/м^2.

Інститут іоносфери територіально має вільні площі, які можна використовувати для розміщення сонячних батарей і вітрових генераторів, з подальшим об'єднанням їх у розумну енергосистему SmartGrid. Використання сонячних батарей, а також акумуляторів з великою кількістю циклів заряду/розряду з можливістю повернення енергії в промислову мережу дозволить підвищити енергоефективність системи.

У середовищі Matlab Simulink розроблено імітаційну модель енергоспоживання (рис. 1). Для моделювання навантаження використовуються компоненти Serial RLC Load і Parallel RLC Load. За допомогою компонента ideal switch у задані моменти часу з дискретністю 1 раз на годину моделюються компоненти навантажень. Для управління перемикачами написана функція, яка в залежності від поточного часу моделювання включає або відключає компоненти ideal switch.

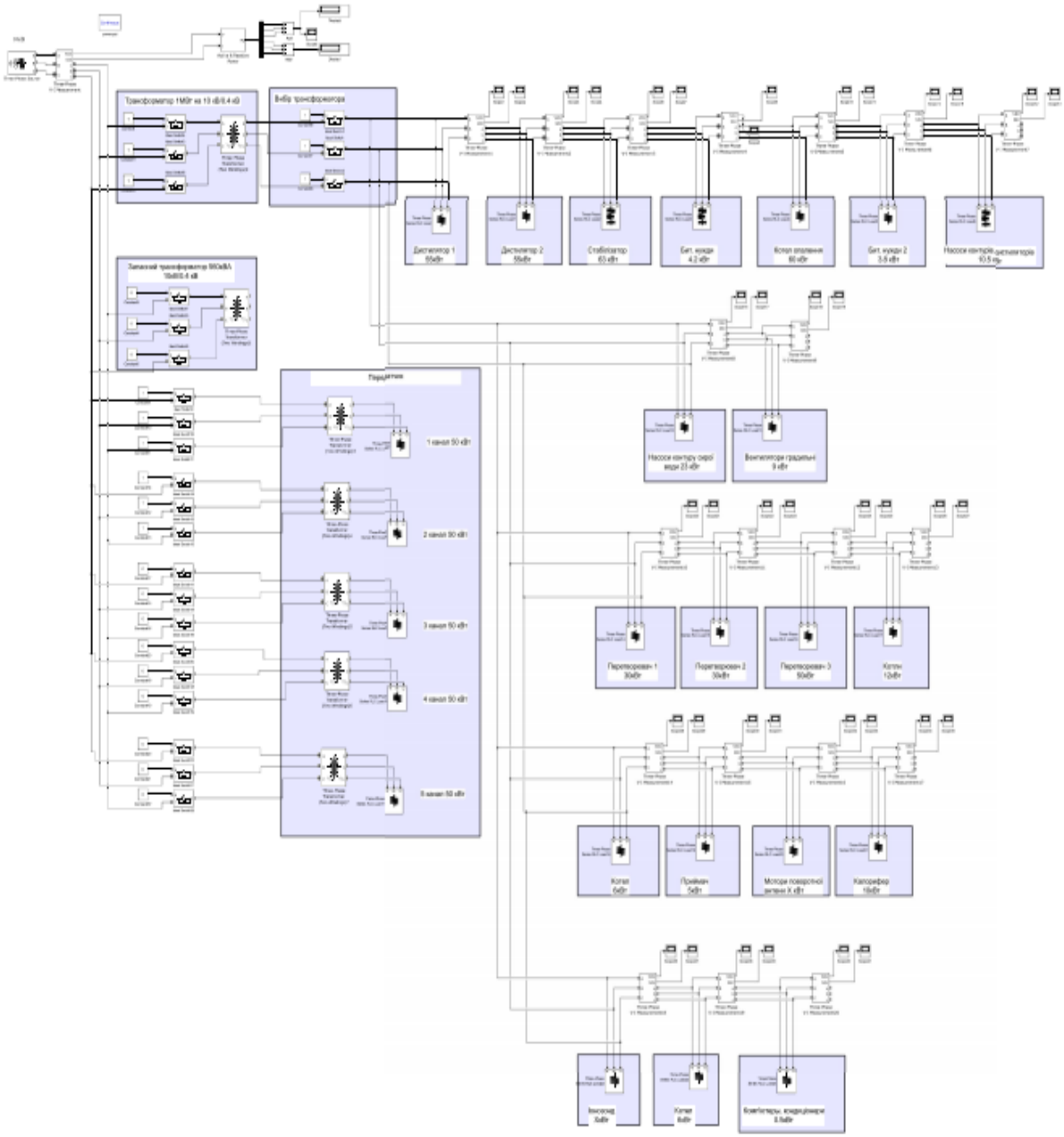


Рисунок 1 – Імітаційна модель енергоспоживання
Інституту іоносфери

Адекватність розробленої моделі підтверджується збігом форми і значень експериментально отриманих характеристик на навантаженнях з характеристиками моделі. Оцінка адекватності моделі проводилася за дисперсією відхилень відгуків від середнього значення системи.

У подальших дослідженнях планується розширення існуючої моделі за рахунок додавання компонентів альтернативних джерел енергії: сонячних батарей, акумулятора і вітрових генераторів.

МОДУЛЬ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ТЕКСТОВ

Дудник А.В., Евсина Н.А., Клевцова Е.В.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова 2, Харків, Україна, 61002

При решении сложных современных задач управления нередко приходится выполнять вспомогательные подзадачи, такие как распознавание образов или анализ текстов. В данной работе рассматривается алгоритм, применяемый при кластеризации/классификации текстов. Особенностью такого рода задач является расхождение между методами анализа и объектом анализа. Компьютерные методы анализа базируются на формальной логике, в то время как тексты во многом представляют собой живую человеческую речь, с её метафорами, иронией, иносказательностью и пр. По этой причине от непосредственного анализа смысла текста отказываются и прибегают к обработке формальных признаков. Например, анализируют набор слов, входящих в текст, игнорируя смысловую связь между ними. Каждый текст порождает своё множество слов. Чем ближе тексты по тематике, тем сильнее множества пересекаются, и наоборот. Однако, при анализе больший текстов, такой метод чрезвычайно требователен к памяти и вычислительным возможностям системы.

Сократить количество необходимых для анализа слов, и тем самым уменьшить требования к памяти системы позволяет применение алгоритмов латентно-семантического анализа (LSA). В данной работе получили дальнейшее развитие идеи, изложенные в [1]. Основой рассматриваемого алгоритма является сингулярное разложение матрицы коэффициентов вхождения слов в различные тексты, т.н. матрица слов/документов.

Предварительно был составлен корпус текстов. Для этого было отобрано 10 коротких текстов от 500 до 1000 слов. Тексты отбирались по принадлежности к 5 темам (история, медицина, фауна, мода, астрономия), т.е. каждая из тем представлена двумя текстами. На предварительном этапе все тексты были трансформированы в множества слов. При этом вспомогательные слова (предлоги, союзы и т.д.) были удалены, а основные слова были отмечены процентом вхождений в каждый текст. Это позволило сократить обрабатываемые массивы слов на 45–50% (табл. 1).

Процент наиболее повторяющихся слов колеблется от 1,4 до 4,82. Дальнейшее развитие этого наблюдения позволило построить модуль предварительной фильтрации для выбраковки текстов, составленных генераторами слов.

Особый интерес представляет процедура удаления вспомогательных слов. В данном случае был составлен массив из этих слов по принципу орфографического словаря, с учётом разных форм. Подобный массив допускает расширение и удобен для редактирования.

При построении LSA-алгоритмов рекомендуется исключать из рассмотрения слова, встречающиеся в тексте не более 1-го раза. Следует отметить, что слова, повторяющиеся в тексте 2 раза и более, составляют от 10 до 40% оставшихся после предварительной обработки слов. Таким образом, количество анализируемых слов по сравнению с исходным может быть уменьшено в разы.

Таблица 1 – Результаты первичной обработки текстов

Заголовок текста	**Количество слов**		**Процент наиболее часто повторяющегося слова**
	исходное	**после обработки**	
Первая мировая война	871	466	2,36
Международные отношения в начале XX века	839	482	1,87
Атеросклероз сосудов: что это такое, причины и стадии развития	560	261	3,83
Ишемическая болезнь сердца	759	384	3,39
Животный мир Африки	869	456	1,88
Млекопитающие Африки	849	391	1,40

Далее формируется матрица слов/текстов, каждый столбец которой соответствует тексту, а строка — слову. В каждый из элементов массива записывается процентное значение вхождения слова в каждый из текстов. Полученная матрица подвергается сингулярному разложению, в результате которого получаем 3 матрицы, которые принято интерпретировать следующим образом: темы, слова/темы, темы/документы. Величина сингулярного числа в матрице тем позволяет отобрать темы, наиболее выраженные в корпусе текстов. Так же по мере соответствия сингулярным значениям можно осуществить кластеризацию документов.

Исследования были выполнены в среде MATLAB. Дальнейшее направление исследований видится в организации искусственной нейронной сети для кластеризации текстов.

Список литературы

1. Алгоритм LSA для поиска похожих документов. // [Электронный ресурс] –URL: https://netpeak.net/ru/blog/algoritm-lsa-dlya-poiska-pohozhih-dokumentov/

2. Анализ данных и процессов: учебное пособие / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, И.И. Холод и др. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ НАХОЖДЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ

Ивашко А.В., Лунин Д.А., Денисенко М.А.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков,
E-mail: ivashkoauts@ gmail.com, lunindenis77@gmail.com

Нахождение спектральной плотности мощности (СПМ) актуально при решении задач в радиолокации, связи, технической и медицинской диагностики и многих других [1]. При вычислении СПМ широкое распространение получили алгоритмы спектрального оценивания, основанные на представлении сигнала как результата прохождения белого шума через цифровой фильтр. При вычислении оценок параметров модели используется система уравнений Юла-Уолкера представленная в (1), коэффициентами которой являются отсчеты автокорреляционной функции (АКФ) анализируемого сигнала:

$$\begin{bmatrix} r_{xx}[0] & r_{xx}[-1] & \cdots & r_{xx}[-p] \\ r_{xx}[1] & r_{xx}[0] & \cdots & r_{xx}[-p+1] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{xx}[p] & r_{xx}[p-1] & \cdots & r_{xx}[0] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ a[1] \\ \vdots \\ a[p] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho_\omega \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где

$$r_{xx}[m]=\frac{1}{N-m}\sum_{i=0}^{N-m-1} x_i \, x_{i+m}\,, \quad (2)$$

Основной объем вычислений приходится на нахождение АКФ, однако, решение системы уравнений Юла-Уолкера также занимает значительные ресурсы у вычислительной системы. При небольших p эту систему можно решить с помощью обращения матрицы, для которой потребуется произвести порядка p^3 действий. Однако на практике часто требуется решать систему уравнений с большим p, поэтому желательно применять более эффективные методы решения данной системы, такой как авторегрессионный алгоритм.

Задача решения системы уравнений Юла-Уолкера с помощью авторегрессионного алгоритма становится задачей построения авторегрессионного фильтра, на выходе которого формируется заданная последовательность символов (рис. 1).

А далее восстанавливается вектор коэффициентов фильтра f, который и является решением уравнения Юла-Уолкера.

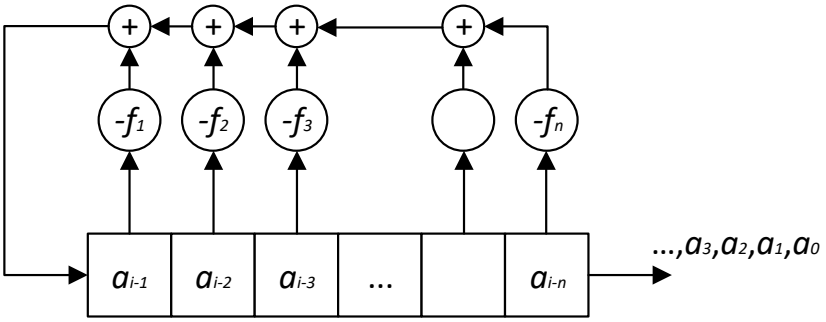


Рисунок 1 – Авторегрессионный фильтр

При вычислении вектора f используются следующие рекуррентные равенства [2,3]:

Для начальных условий: $f^{(0)}(x)=1$, $t^{(0)}(x)=1$ и $L_0=0$,

выполняются уравнения:

$$\Delta_r=\sum_{j=0}^{n-1} f_j^{(r-1)} a_{r-j},$$

$$L_r=\delta_r(r-L_{r-1})+(1-\delta_r)L_{r-1},$$

$$\begin{bmatrix} f^{(r)}(x) \\ t^{(t)}(x) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\Delta_r x \\ \Delta_r^{-1}\delta_r & (1-\delta_r)x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f^{(r-1)}(x) \\ t^{(t-1)}(x) \end{bmatrix},$$

$r=1,...,2n$, где $\delta_r=1$, если одновременно $\Delta_r\neq 0$ и $2L_{r-1}\leq r-1$,

и $\delta_r=0$ в противном случае.

На r-м шаге алгоритм содержит число умножений, равное примерно удвоенной степени многочлена $f^{(r)}(x)$. Степень многочлена $f^{(r)}(x)$ равна примерно $r/2$ и при $2n$ итераций, алгоритм содержит примерно $2n^2$ умножений и $2n^2$ сложений.

Следовательно, авторегрессионный алгоритм в вычислениях эффективнее по сравнению с алгоритмом обращения матрицы, в котором требуется порядка n^3 операций.

Список литературы

1. Марпл.-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. / С.Л. Марпл.-мл. – М. : Мир, 1990. – 584 с.

2. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки / Р. Блейхут – М. : Мир, 1986. – 576 с.

3. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов / Р. Блейхут – М. : – Мир, 1989. – 448 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕГУЛЯТОРА ОБОРОТОВ СИЛОВОЙ ТУРБИНЫ ВЕРТОЛЕТНОГО ГТД

Качанов П.А.[1)], Литвяк А.Н.[2)], Комар С.В.[3)]

[1)] Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова 2, Харків, Україна, 61002

[2)]Национальный университет гражданской защиты Украины, ул. Чернышевская, 94, г. Харьков, Украина, 61023, E-mail: lom744@ya.ru

[3)]Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, ул. Сумская, 77/79, г. Харьков, Украина, 61023 E-mail: sergey.komar.kh@gmail.com

При наземных и летных испытаниях вертолетных турбовальных газотурбинных двигателей часто развиваются автоколебания параметров двигателя. Причиной автоколебаний являются неудовлетворительные статические характеристики регуляторов [1]: избыточный коэффициент усиления, отклонение статических характеристик от линейных зависимостей, несоответствие объекта регулирования регулятору [2]. Экспериментально установлено, что реальные статические характеристики регулятора оборотов силовой турбины вертолетного турбовального ГТД типа ТВ3-117 (Украина) имеют нелинейные особенности: разрывы и изломы [2], которые могут приводить к развитию автоколебаний параметров двигателя.

В статье предложена математическая модель динамики регулятора оборотов силовой турбины (РОСТ) вертолетного ГТД с учетом реальных статических характеристик насоса-регулятора типа НР-3 (Украина).

Как правило, динамическую модель РОСТ представляют простейшим динамическим звеном первого порядка:

$$W_{\text{РЕГ}}=\frac{K_{\text{РЕГ}}}{T_{\text{РЕГ}}p+1}, \qquad (1)$$

где $K_{\text{РЕГ}}$ – коэффициент усиления регулятора;

$T_{\text{РЕГ}}$ – постоянная времени регулятора;

p – оператор Лапласа.

Статическая характеристика реального регулятора сложнее, так как содержит явно выраженный гистерезис, обусловленный наличием сил трения в гидроприводе исполнительного механизма, а также может содержать разрывы и изломы, обусловленные скрытыми дефектами элементов насоса-регулятора.

Гистерезис в математической модели учитывается звеном с зоной нечувствительности Относительную величину зоны нечувствительности можно рассчитать по формуле:

$$\left(\overline{\Delta y}\right)_{ГИС.Д}=\frac{\Delta y_{ГИС.Д}}{y_{баз}}, \qquad (2)$$

где $\Delta y_{ГИС.Д}$ – действительная величина гистерезиса регулятора;

$y_{баз}$ – базисное значение регулируемого параметра.

Разрыв характеристики РОСТ и «бросок» топлива моделируется формированием ступенчатой динамической добавкой к ошибке регулирования:

$$\bar{\varepsilon}_{Д}=K_{РЕГ}\cdot\frac{(\Delta y)_{ГИС.Р}-(\Delta y)_{ГИС.Д}}{y_{баз}}, \qquad (3)$$

где $(\Delta y)_{ГИС.Р}$ – относительный расчетный гистерезис регулятора;

$K_{РЕГ}$ – коэффициент усиления регулятора.

Окончательно, структурно-динамическая схема регулятора оборотов силовой турбины ГТД с учетом сил трения и разрывов первого рода будет иметь вид, показанный на рис.1.

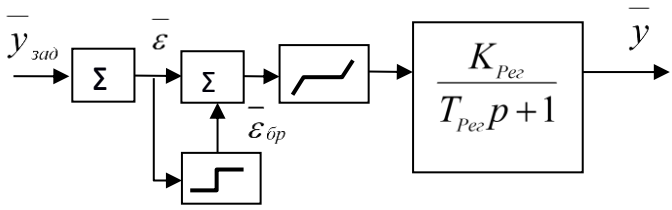


Рисунок 1 – Структурно-динамическая схема РОСТ

Выводы. Разработана математическая модель для исследования динамики систем автоматического регулирования с учетом особенностей (дефектов) реальных регуляторов. Данная модель может быть использована для исследования устойчивости и склонности к автоколебаниям реальных САР.

Список литературы

1. Self-Oscillations in Dynamic Systems / L. Aguilar, I. Boiko, L. Fridman, R. Iriarte. – Basel: Birkhäuser, 2015. – 163 p.

2. Литвяк О.М. Експериментальне дослідження характеристик регулятора оборотів вільної турбіни насосу-регулятора типу НР-3 / О. М. Литвяк, В. О. Дурєєв, М. В. Маляров, В. С. Чигрин // Матеріали доповідей міжнарод. науково-практ. конф. «Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering». Харків. Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут». – 2019. – Том. 2. – С. 76–79.

3. Development of an automated hydraulic brake control system for testing aircraft turboshaft gas turbine engines / P. Kachanov, O. Lytviak, O. Derevyanko, S. Komar // Eastern European Journal of Enterprise Technologies. – 6/2(102). – 2019. – p.52-57.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ НАУКОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Козлов С. С.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002,
E-mail: ksser300@gmail.com,

Державний науково-дослідний комплекс України накопичив значну кількість експериментального обладнання з високим енергоспоживанням, яке в нових економічних умовах вимагає радикальної зміни підходів щодо його експлуатації. До таких об'єктів можна віднести радіополігон ХНУ ім. Каразіна, НІК «Прискорювач» ННЦ ХФТІ, дослідно-випробувальний полігон НДПКІ «Молнія», радіополігон Інституту іоносфери НАН та МОН України та ін. Особливість такого обладнання полягає в його періодичному включенні на 24-48 годин в режим максимального споживання, а потім в тривалому простої, коли споживання знижується в 10-50 разів. Такий режим споживання вкрай незручний для енергосистеми, оскільки вносить значні збурення в її роботу. Крім того, силове обладнання підстанцій (трансформатори) під час простою породжують значний обсяг реактивної потужності і втрат. На рисунку 1 представлений місячний графік споживання радіополігону Інституту іоносфери НАН та МОН України. У табл. 1 наведені дані про споживання тим же об'єктом активної і реактивної енергії.

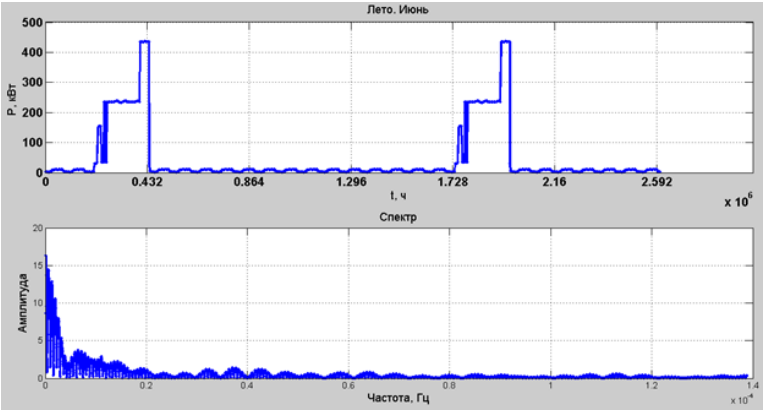


Рисунок 1 – Графік споживання радіополігоном у червні 2020 року і спектр збурень, породжуваних в енергосистемі.

Наведені дані свідчать про значну частку реактивної потужності в режимі включення радіоапаратури. Нерегулярність енергоспоживання, наявність значної частки реактивної складової енергоспоживання роблять такі об'єкти комерційно непривабливими для електропостачальників, що в сучасних умовах може призвести або до значних штрафів, або, навіть, до відключення.

Таблиця 1 – Помісячне споживання електроенергії радіополігоном Інституту іоносфери

місяц	січень	лютий	бер-нь	квітень	тр-нь	чер-нь	липень	сер-нь	вер-нь
Актив (кВт/год)	12795	22872	4576	2832	2046	15470	1494	1608	13446
Реактив (кВт/год)	352	8868	698	792	702	14204	786	480	12744
Усього (кВт/год)	13147	31740	5274	3624	2748	29674	2280	2088	26190
% реактива	0,027	0,279	0,132	0,219	0,255	0,479	0,345	0,23	0,487

Для уникнення таких негативних наслідків запропонована методика для підвищення комерційної привабливості науково-дослідних об'єктів, яка направлена на зниження різниці в енергоспоживанні під час експерименту та простою і значного зниження реактивної складової. Запропонована методика заснована на побудові математичної моделі енергетичного комплексу радіополігону та дослідженню її динамічних, частотних та енергетичних властивостей. Методика передбачає такі кроки, як розділення всіх споживачів на об'єкті на постійно діючі (умовно), та такі, що працюють в імпульсному режимі. Для останньої групи споживачів запропоновано використати акумуляторні батареї (АБ), як демпфер, який для енергопостачальника є активною нагрузкою, що підключається у нічний час, а для апаратури – постачальником безперервної дії на час експерименту. Наступним кроком необхідно провести розрахунки одиничної потужності системи «інвертор-акумуляторна батарея-інвертор» (СІАБІ), яка покриває необхідність в електроенергії окремої лінії передавачів, та забезпечує мінімальну реактивну складову для енергопостачальника. Оскільки включення комплексу апаратури здійснюється за жорстким графіком, процес заряду – розряду АБ передбачає застосування програмного регулятора, який контролює процес поступового накопичення електроенергії, та використання її під час експерименту. Таким чином, система ІАБІ набуває ознак SMART – системи, до основних позитивних властивостей якої слід віднести: вирівнювання добового графіку навантаження енергосистеми за рахунок нічного включення заряду АБ; зниження пікового споживання під час експерименту; суттєве зниження реактивної складової, яке забезпечується повним завантаженням СІАБІ; контроль ступеню розряду АБ, діагностику електрообладнання; захист обладнання від аварії. Наявність потужної АБ, поєднаної з автоматичною системою управління, значно спрощує застосування альтернативних джерел електроенергії, таких як сонячні батареї (СБ), що є наступним кроком реалізації методики. Прогнозування підвищення експлуатаційних характеристик обладнання здійснюється за результатами моделювання. Подальший розвиток системи, поступове накопичення ємності (потужності) АБ дасть змогу використовувати комплекс СБ-СІАБІ для покриття пікових.

ОЦЕНКА ЧАСТОТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ФОРМИРОВАНИЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

Крылова В.А., Тверитникова Е.Е., Мирошник А.Н.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков
vika_hpi@outlook.com

Метод формирования с широкополосных сигналов с искусственно создаваемыми гребенчатыми спектрами, которые отличаются от известных свойствами частотной селекции, высокой помехоустойчивостью и простотой реализации, позволяет повысить на 10 дБ без дополнительных энергетических затрат помехоустойчивость индивидуальных сигналов к воздействию сосредоточенных по спектру помех.

Для оценки частотной эффективности метода формирования системы сигналов с гребенчатым спектром (ССГС) исследуется спектр сигнала при организации группового тракта. Основным заданием формирования группового широкополосного сигнала является получение гребенчатой структуры спектра с заданным расположением полос спектральных составляющих. В классе цифровых рекурсивных и нерекурсивных фильтров формирования канальной формы ССГС осуществляется по правилу весового суммирования отсчетов, которые отстают один от другого на интервалы, кратные периоду фильтра. В самом простом случае при n=2 (два независимых канала) матрица векторов ортогональных коэффициентов совпадает с матрицей Адамара. Таким образом, если в каждом из двоичных каналов кодирования логических “1” и “0” производится уровнями +0,5 и –0,5 соответственно, то на вход частотного модулятора будет поступать четыре уровня модулирующих напряжений. Отсюда следует, что в спектре частотно модулированного (ЧМ) колебания будет наблюдаться уже три значения поднесущих ω_0-$\omega_Д$, ω_0, ω_0+$\omega_Д$. Причём в предположении равновероятности символов “1” и “0” в обоих каналах частота ω_0 будет использоваться в два раза чаще, чем крайние частоты спектра. Таким образом, случай при двух каналах с системой сигналов с гребенчатым спектром эквивалентный в некотором понимании ЧМ-3 с удвоенной вероятностью использования центральной частоты. Основным отличием данного спектра от случая ЧМ-2 есть концентрация энергии около частоты ω_0, что, в свою очередь, приводит к снижению уровня вне полосовых излучений и сужению эффективной ширины спектра (на уровне 90% энергии) на 6,2% по сравнению с ЧМ-2.

Рассмотрим систему с ССГС, что объединяет сигналы от 4-х независимых источников (ССГС-4), что соответствует переходу к ЧМ-16 на каждом из интервалов. Энергетический спектр такого сигнала, нормированный по величине к спектру $G_{ЧМ}$, имеет вид:

$$G_{ССГС\text{-}4}=\frac{1}{8}\sum_{i=1}^{16} G_{ПО}\left(\omega_0\text{-}U_{МОД}\omega_Д\right). \quad (1)$$

Из-за увеличения количества поднесущих частот и разделения энергии между ними в диапазоне от ω_0-$\omega_Д$ до ω_0+$\omega_Д$ произошла еще большая, чем при ССГС-2, концентрация энергии около частоты ω_0. Это привело к сужению спектра (на уровне 90% энергии) на 15% по сравнению с ЧМ-2.

Переход к методу формирования группового сигнала по технологии ССГС приводит к сужению энергетического спектра и концентрации энергии около несущей частоты ω_0. Это означает, что в заданную полосу, ограниченную фильтром на входе частотного дискриминатора, попадает большая часть энергии полезного сигнала, или, что тоже самое, можно сузить полосу фильтра при той же энергии полезного сигнала. И то, и другое напрямую приводит к возрастанию отношения сигнал/шум на входе дискриминатора, и как следствие, к уменьшению вероятности ошибки на бит передаваемых сообщений.

Таким образом, сигналы с гребенчатым спектром используют весь частотный диапазон группового канала, что обуславливается их свойствами широкополосных сигналов, стойких к воздействию сосредоточенных по спектру помех. Кроме этого, во временной области канальная форма каждого из отдельных сигналов представляет собой последовательность из (p+1)-го повтора отсчета начального сигнала, что в условиях влияния перерывов связи дает возможность восстановления сигнала по «неразкоммутируемому» участку.

Список литературы

1. Живица Н.И. Теоретические основы передачи данных/ Н.И. Живица, А.Г. Пушко., В.А. Лукин – К.: КВВИДКУС, 1991. – 479 с.

2. Кларк Дж. Мл. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи / Дж. Кларк Мл, Дж. Кейн. – М.: Радио и связь, 1987. – 392 с.

3. Обнаружение и распознавание сигнально-кодовых конструкций / Е.И. Балунин, А.Ю. Баринов, С.В. Дмитриевский и др. / Под ред. Е.И. Балунина. – М.: Издательство «Радиотехника», 2013. – 96 с.

4. Семашко Ю.А. Основы организации связи. Учебное пособие / Ю.А. Семашко, А.Н. Бобовик, С.Г. Голубцов − Минск: УО ВОРБ, 2004. – 246 с.

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНОЙ СКОРОСТИ РЕЛЬСОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Кутовой Ю.Н., Кириленко Я.А., Кунченко Т.Ю., Канунникова В.В.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г Харьков

Повышение степени автоматизации рельсовых транспортных средств (РТС) и в частности, железнодорожного транспорта в соответствии с международным стандартом IEC 62290-1:2014 [1] до уровня автоматизации 3 и до 4 требуется измерение линейной скорости РТС с достаточной степенью точности.

Решение этой задачи позволяет создать современные системы автоматизации и системы реализации максимальной силы тяги по условию сцепления.

Для этого на кабину машиниста устанавливается камера как показано на рис. 1.

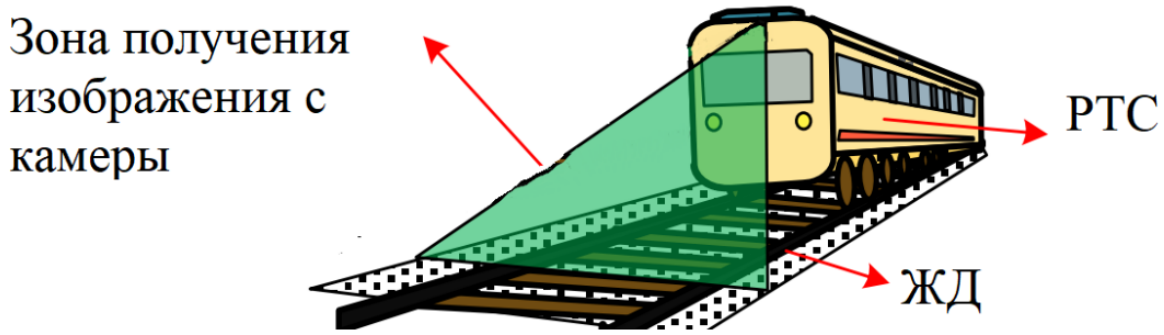


Рисунок 1 – Схема получения изображение с помощью камеры.

Камера расширяет возможности управления и безопасности движения, позволяет определить знаки сигнализации, кривизну пути, препятствия на пути и линейную скорость.

Для получения линейной скорости, сигнал с камеры обрабатывается на основе алгоритмов компьютерного зрения, предоставляемых в библиотеке с открытым исходным кодом OpenCV [2-5]. При обработке изображения нужно учитывать следующие свойства входных кадров:

– изменение освещения, влияющие на объекты в последовательности кадров;

– изменение масштаба: размер объекта изменяется по мере перемещения камеры;

Повторяющиеся структуры: объекты, которые периодически появляются на кадре, но не меняются со временем.

Расчет линейной скорости производиться как минимум при рассмотрении двух последовательных кадров. При этом скорость вычисляется в виде отношения расстояния между кадрами на время между ними [6-8].

Время между кадрами зависит от характеристик камеры, а расстояние между кадрами определяется скоростным режимом.

Последовательность изображений обрабатывается с помощью алгоритмов Кенни (Canny) [5] как детектор границ, вдоль которых происходит резкое изменения неоднородности. Далее кадр поступает на преобразователь Хафа [5] для поиска линий на изображение. Данные алгоритмы выявляют контрольные точки на изображении для вычисления скорости.

Список литературы

1. IEC 62290-1:2014, Railway applications – Urban guided transport management and command/control systems – Part 1: System principles and fundamental concepts, MOD.

2. https://docs.opencv.org/master/d9/df8/tutorial_root.html.

3. Learning OpenCV 3: Computer Vision in C++ with the OpenCV Library/ Kaehler A., Bradski G.– O'Reilly Media, 2017.

4. Глория Буэно Гарсия. Обработка изображений с помощью OpenCV / Глория Буэно Гарсия : пер. с англ. Слинкин А. А. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 210 с.

5. Рейнхард Клетте. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы / Рейнхард Клетте : пер. с англ А. А. Слинкин. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 506 с.

6 Velocity estimation of a mobile mapping vehicle using filtered monocular optical flow / Ricardo Luís Barbosa, Joaofernando Custodio Silva, Messias Meneguette, R. B. A. Gallis B. // ResearchGate. – 2007. – С. 2–5.

7. Andrea Giachetti. The use of optical flow for road navigation / Andrea Giachetti, Marco Campani, Vincent Torre. // IEEE Transactions on Robotics and Automation. – 1998. – №4. – С. 34 – 48.

8. Brox T. Large displacement optical flow: Descriptor matching in variational motion estimation / T. Brox?J. Malik. – PAMI, 2011.

К ПИТАННЮ О НЕОБХІДНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ШЛІФУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Кушнір М.С., Кунченко Т.Ю.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова 2, Харків, Україна, 61002

Верстати, які тривалий час перебували в експлуатації та в результаті цього морально та фізично застарілі, зберігають свою цінність для підприємства. Такі верстати можна продати та купити замість них інші, більш сучасні. Проте останнім часом брак коштів на покупку нового обладнання змушує більшість підприємств відновлювати наявні у них верстати по можливості з їх одночасною модернізацією.

Модернізація шліфувального верстата має на увазі заміну всіх елементів, які ускладнюють експлуатацію і обслуговування агрегату. Як правило, заміні підлягають застарілі вузли електроніки та електрики, зокрема, системи ЧПУ і сервоприводи. До абразивного інструменту та оброблюваної заготівлі підводиться постійний струм, а окремі вузли, з метою запобігання коротких замикань, ізолюються від станини.

Типовими напрямами модернізацій шліфувальних верстатів є:

1.Підвищення швидкості та потужності верстата. Підвищення швидкості шліфувального кола до 50м/сек зазвичай досягається підвищення числа оборотів, якщо підшипники шпинделя дозволяють це зробити. Підвищення числа обертання шліфувального кола при швидкісному шліфуванні супроводжується підвищенням швидкості обертання деталі, яка багатьох випадках може бути виконана шляхом зміни шківів або зубчастих колес у приводі.

2. Скорочення допоміжного часу шляхом механізації та автоматизації допоміжних прийомів, які зменшують загальний час обробки деталі. До таких відносяться :

Механізм відведення та підведення шліфувальної бабки досягається встановленням більш потужного привода, який має сучасне обладнання та частіше займає менше простору.

Вбудовування приладів для замірів деталі у процесі шліфування, такі як електроконтактні датчики, електроіндуктивні датчики, пневматичні датчики, вони мають різний рівень складності та встановлюються за необхідними вимогами.

Скорочення часу на правку за рахунок правки алмазними роликами під час шліфування, або за рахунок застосування швидкозьомних чи відкидних приладів для правки, встановлених на столі, або на корпусі задньої бабки.

Вбудовування приладів для балансування шліфувального кола під час шліфування, для уникнення підвищеного зносу шліфувального верстата в першу чергу підшипників, збільшується абразивна складова.

Встановлення приладу для гальмування деталі, що скорочує втрати часу на зупинку деталі після шліфування

3.Розширення області технологічного застосування, наприклад, збільшення габаритів обробки та кількості виконуємих операцій для обробки фасонних поверхонь.

В деяких випадках модернізація верстата виконується для підвищення зносостійкості та посилення слабких елементів верстата;

а) для ремінної передачі – збільшення ширини шківів та ременя, а також кута обхвату за допомогою натяжних роликів, збільшення коефіцієнта тертя шляхом натягування на шківи шкіряного манжету;

б)для ланцюгової передачі-збільшення кроку ланцюга;

в)для підшипників – заміна підшипників, яка дозволяє підвищити швидкість та навантаження. Для підшипників ковзання це досягається шляхом заміни матеріала, збільшення діаметра та довжини.

г)для зубчастих колес – збільшення окружного зусилля шляхов виготовлення зубчатих колес із більш стійких матеріалів та їх термообробкою, заміною прямозубих зубчастих колес на косозубі.

Удосконалення застарілих верстатів зазвичай коштує дешевше покупки нових, але в той же час продуктивність стає вище. Ремонт верстатів і їх подальша модернізація продовжують термін служби обладнання і повертають його можливості до паспортних. До цього методу вдаються у випадках, коли вже існує налагоджена програма, на яку були витрачені значні зусилля і кошти, і її практично неможливо буде перенести на нову основу. До того ж можливий варіант, що старий верстат замінити на точно таку ж копію не вийде через зняття з виробництва цієї моделі. Верстат, що підлягає модернізації коштує зазвичай 50-70% нового, але має приблизно ті ж характеристики.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ УЧЕБНЫХ РОБОТОВ

Морозов Д.С., Котляров В.О.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г Харьков
morozovdmitriyem319a@gmail.com, vok2kaf@gmail.com

Уровень сложности мехатронных систем непрерывно возрастает и предъявляет новые требования к организации процесса проектирования в целом и к документированию проектных решений в частности. Это относится и к проектированию в учебном процессе. Одна из целей обучения - научить не только тому, что есть, но и тому, что будет. Поэтому на кафедре АЭМС НТУ «ХПИ» создается ряд учебных демонстрационных мобильных роботов, предназначенных как для презентации на различных выставка, так и для обучения студентов кафедры современным подходам, методикам и инструментам проектирования.

Одним из перспективных подходов к проектированию мехатронных систем является применение языка проектирования SysML для описания и анализа принятых при проектировании робота технических решений. SysML – это предметно-ориентированный язык дескриптивного моделирования систем, который поддерживает широкого спектра технических систем, включая их аппаратное и программное обеспечение. SysML позволяет построить информационную модель проекта, которая затем используется для решения целого ряда задач проектирования.

Известно несколько методологий проектирования на базе языка SysML. Каждая такая методология предлагает ряд средств проектирования: некоторые ограничения или расширения для языка проектирования при создании информационной модели проекта; процесс проектирования – последовательность этапов построения информационной модели; инструменты анализа и синтеза проектных решений на базе этой информационной модели.

Используемая в учебном проектировании структура такой информационной модели показана на рис. 1.

Проведенный анализ ряда известных методик проектирования позволил отобрать из них минимально необходимый набор средств для учебного проектирования мобильных роботов. Проектирование роботов начинается со стадии концептуального проектирования, в ходе которого на языке SysML составляются диаграммы вариантов использования и диаграммы требований. С каждым требованием связывается соответствующий вариант использования и его сценарий, для которого выполнение этого требования является необходимым. Процесс формирования, декомпозиции и анализа требований разных уровней выполняется средствами диаграммы

требований. После формирования диаграммы требований определяется состав и поведение системы. Для описания поведения используются диаграммы взаимодействия, состояний и деятельности. Для каждой из этих диаграмм отобран целесообразный для учебного процесса ограниченный набор выразительных средств, предлагаемых языком SysML.



Рисунок 1 – Метамодель информационной модели робота

В учебном процессе рассматриваемые подходы к проектированию позволяют обеспечивать одновременно высокую степень наглядности и полноту описания проектных решений, и, кроме того, делают акцент на их обоснованности. Для иллюстрации применяемых подходов разработан набор примеров, демонстрирующих предлагаемую методику учебного проектирования.

Совокупность созданных демонстрационных роботов, методологии их проектирования и выбранных программных инструментов проектирования формирует образовательную робототехническую платформу, применение которой позволяет повысить эффективность обучения студентов современным методам робототехники.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА НА БАЗЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Осичев А.В., Ткаченко А.О., Почапский Б.Д.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г Харьков.
bohdan.pochapskyi@ieee.khpi.edu.ua

Ранее [1] в бакалаврской работе был произведен расчет и выбор асинхронного двухклеточного двигателя для запуска и продолжительного режима работы в электроприводе (ЭП) главной ленты конвейера с вертикальном участком транспортирования. Там же были представлены результаты расчетов тестовых динамических процессов в этом специфическом АД, а также соответствующей системы ПЧ-АД: разгон на холостом ходу с последующим набросом нагрузки. Из представленных на рисунке 1 графиков видно, что модель системы полностью обеспечивает адекватные динамические процессы скорости, электромагнитного момента, фазных токов статора и ротора двигателя [2].

Исследования в магистровской работе строятся на основании описанных результатов бакалаврской работы: нынешняя разработка модели замкнутой системы ПЧ-АД с использованием задатчика интенсивности (ЗИ), П- и ПИ-регуляторов. Кроме того, синтезированы регуляторы системы с векторным управлением (по расчетным зависимостям и в ходе поисковой настройки на модели). Проведен анализ результатов (см. рис. 2-4) и выбор наилучшего решения.

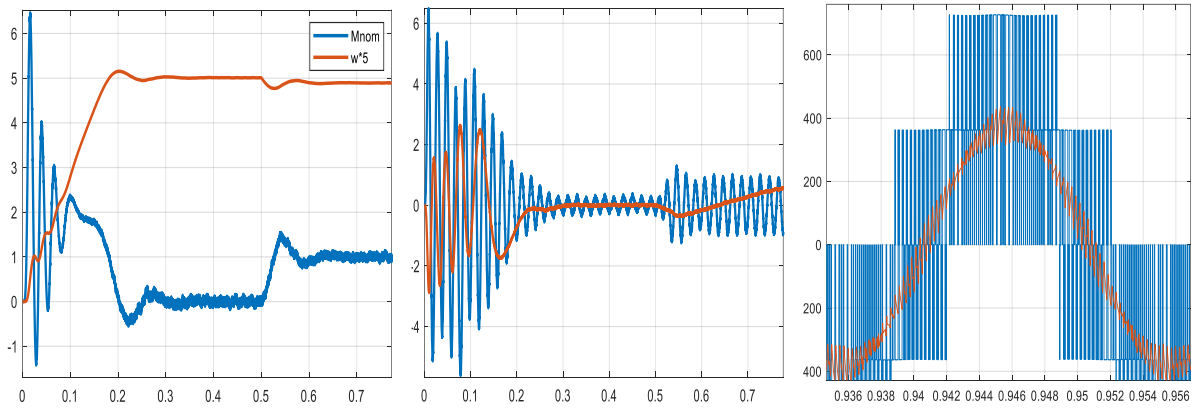


Рисунок 1 – Динамические процессы в разомкнутой системе ПЧ-АД

Далее рассмотрен вариант перехода системы на автономный источник питания в виде солнечных панелей и аккумуляторных батарей, которые должны будут заменить (гибридно) питающую трёхфазную сеть. Разработаны компьютерные модели и получены реальные данные, снятые с существующей системы питания от солнечных панелей.

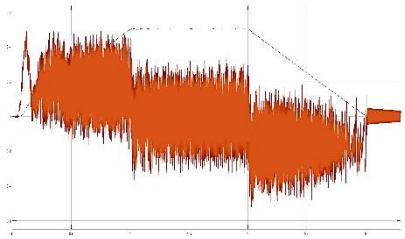


Рисунок 2 – Динамические процессы с П-регулятором

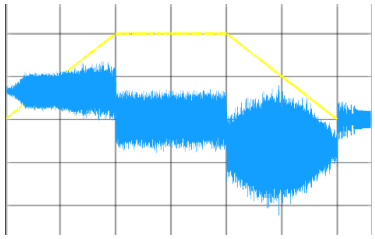


Рисунок 3 – Динамические процессы с ПИ-регулятором

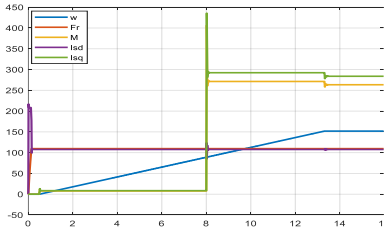


Рисунок 4 – Динамические процессы при векторном управлении

На рисунках 2 и 3 показаны графики изменения скорости и пульсирующие графики момента при движении электропривода от задатчика интенсивности (разгон, холостой ход, торможение) в системе с управлением двигателя по закону U/f=const с П- и Пи-регуляторами скорости. Расчеты выполнены в пакете Matlab-Simulink-Simpower. Видно, что электропривод с законом U/f обеспечивает достаточно плавное движение даже при малых значениях скорости, вплоть до нулевой. Однако, величина пульсаций момента, обусловленная ШИМ-модуляцией в преобразователе частоты, достаточно велика. Ее можно уменьшить, повысив частоту ШИМ-модуляции, приблизительно до 10 кГц. Величина пульсаций в токе статора, соответствующая рисунку 2 и рисунку 3, в несколько раз меньше, чем величина пульсаций момента.

На рисунке 4 показаны динамические процессы $\psi(t)$, $\omega(t)$, $M(t)$, а также токи продольной и поперечной осей. Расчеты выполнены в пакете Matlab-Simulink (без детализированной модели ПЧ). Видно, что в модели прошло намагничивание АД, после чего задатчик интенсивности обеспечил линейное нарастание скорости вплоть до холостого хода, холостой ход и спад скорости до нуля.

Список литературы

1. Осичев А.В. Методика и программное обеспечение выбора асинхронных двигателей с учетом их технических характеристик при учебном проектировании / А.В. Осичев, А.А. Ткаченко, Б.Д. Почапский // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика: зб. наук. пр. – Харків: НТУ «ХПІ», 2019. – №9 (1334). – С. 81-88.

2. Осичев А.В. Задачи проектирования и методики расчета конвейерных ЭП с АД. Сравнение графиков механических характеристик и динамических процессов в асинхронных двигателях с их каталожными данными. Монография / А.В. Осичев, Б.Д. Почапский, А.А. Ткаченко. Deutschland: LAMBERT Academic Publishing OmniScriptum Gmbh & Co.KG, 2020. – 45 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ВАЛЬЦЕШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА ХШ 5-15

Прокопенко И. А., Обруч И. В.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков
E-mail: blekmesa97@gmail.com, Ihor.Obruch@khpi.edu.ua

Электропривод вальцешлифовального станка ХШ 5-15 комплектуется электродвигателем постоянного тока независимого возбуждения типа П-42, который имеет следующие паспортные данные: $P_н$ = 4,5 кВт, $U_н$ = 220 В, $n_н$ = 1500 об/мин, $I_н$ = 25,4 А. Замкнутая автоматическая система управления (АСУ) этим электроприводом построена по принципу тиристорный преобразователь – двигатель (ТП-Д) с подчиненным регулированием координат, к которым, в данном случае, относятся ток обмотки якоря $I_я$ и скорость электродвигателя ω. Данная система управления содержит два управляющих контура: внутренний контур регулирования якорного тока с ПИ-регулятором тока $W_{рт}(p)$ и внешний – контур регулирования скорости с ПИ-регулятором скорости $W_{рс}(p)$ (рис. 1). При использовании вше указанных регуляторов контур тока будет настроен на модульный оптимум, а контур скорости – на симметричный.

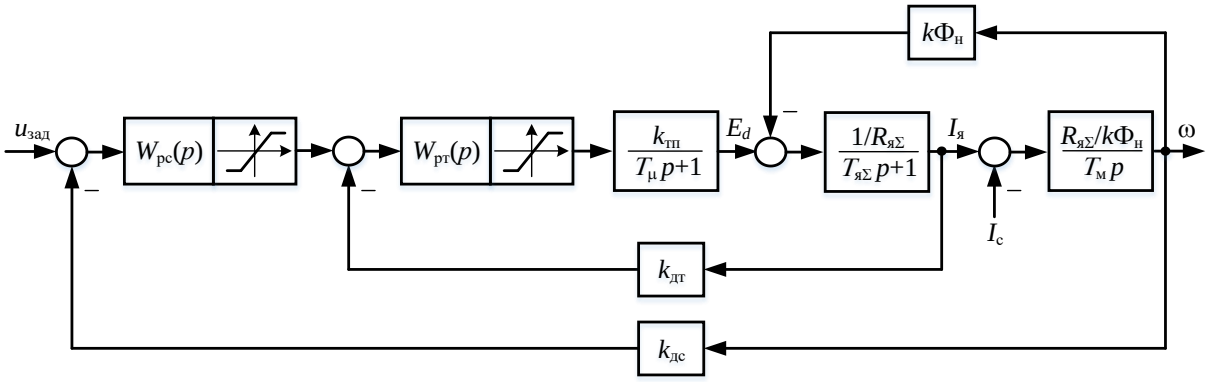


Рисунок 1 – Структурная схема системы регулирования вальцешлифовального станка ХШ 5-15

Моделирование динамических режимов работы электроприводов применяется для проверки правильности расчетов параметров регуляторов, оценки показателей качества полученной системы, расчета и оценки устойчивости АСУ и запасов устойчивости и др. Это особенно важно ввиду того, что при синтезе регуляторов данной АСУ (рис. 1) было принято ряд допущений, которые упрощают расчет регуляторов тока и скорости электродвигателя и существенно уменьшают время синтеза данной системы управления. Однако, такие допущения при синтезе регуляторов, могут привести к тому, что показатели качества регулирования работающей АСУ будут

существенно хуже, чем заданные. Были приняты следующие допущения: 1) при синтезе регуляторов не учитывалась обратная связь по противо э.д.с. электродвигателя; 2) система управления рассматривалась как линейная; 3) при синтезе регулятора скорости использовалась замкнутая передаточная функция контура тока пониженного порядка (апериодическое звено 1-го порядка). На основании уравнений, описывающих данную систему регулирования, была получена структурная схема (рис. 1), которая была промоделирована в режиме наброса номинальной нагрузки (рис. 2).

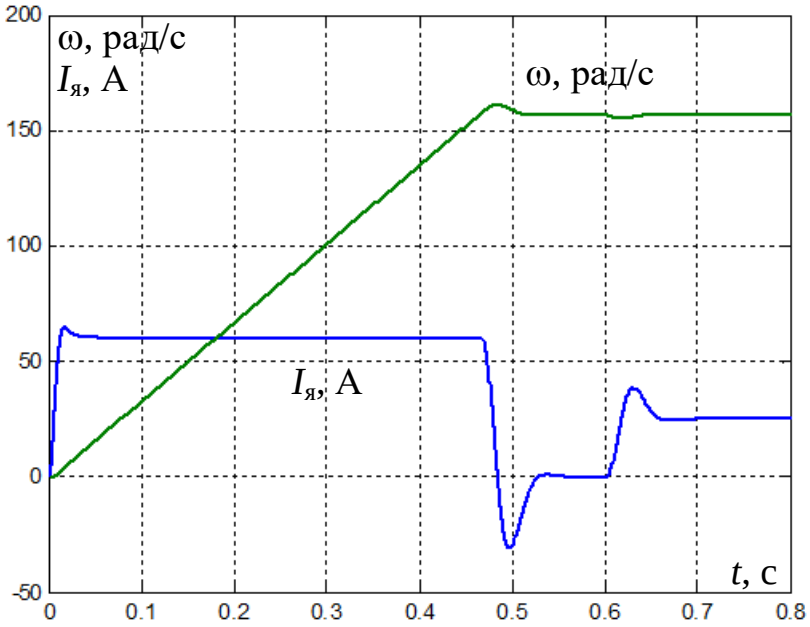


Рисунок 2 – Переходные процессы в электроприводе вальцешлифовального станка ХШ 5-15 в режиме наброса номинальной нагрузки

Данный режим был промоделирован вследствие того, что электропривод вальцешлифовального станка ХШ 5-15 вначале к заготовке подводит резец (работа на холостом ходу), а затем осуществляется операция резания (номинальная нагрузка). В результате моделирования было установлено, что синтезированная система имеет следующие показатели качества переходного процесса: время регулирования – $t_р$ = 0,5 с, перерегулирование – σ = 2,5 % и статическую ошибку регулирования – Δω = 0. Данные показатели полностью отвечают требованиям, предъявляемым металлообрабатывающей промышленностью к приводу вальцешлифовального станка ХШ 5-15.

Список литературы

1. Михайлов О. П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов / О. П. Михайлов. – Москва: Машиностроение, 1990. – 304 с.

2. Башарин А. В. Управление электроприводами / А. В. Башарин, В А. Новиков, Г. Г. Соколовский– Ленинград: Энергоиздат, 1982. – 392 с.

НЕЙРОННА МЕРЕЖА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

РожноваТ.Г.[1)], Бекіров А.Е.[2)], Карєліна К.І.[1)]
[1)] Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, м. Харків, 61166, Україна, tetiana.rozhnova@nure.ua, kateryna.karielina@nure.ua
[2)] Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, вул. Сумська 77/79, м. Харків, 61023, м. Харків, Україна, alı_bekirov@ukr.net

Функціонування обчислювальних систем збору, обробки та передачі інформації передбачає безвідмовну роботу кожної складової комп'ютерної системи (КС). Важливим елементом, який міг би попередити про відмови є прогнозування відмов. Суть прогнозування полягає в передбаченні стану КС на майбутній період експлуатації за статистичними даними контролю її стану за минулий час експлуатації. Таким чином, в КС прогнозування займає особливу роль і має ряд переваг, а саме можливість запобігання відмовам КС в цілому та окремих її компонентів по одному в період якогось часу при виконанні важливих обчислень. Пропонується використовувати математичний підхід для попередження відмов КС та її компонентів. В результаті чого, використаємо нейронну мережу як метод прогнозування відмов.

Підходи щодо прогнозування відмов комп'ютерних систем, що існують, пов'язані з аналізом статистичних даних та метриками вірогідності. Можливим альтернативним способом контрою працездатності обладнання є використання нейронних мереж [1-2]. Складність вирішення задачі використання нейронної мережі в першу чергу пов'язана з необхідністю побудови адекватної моделі мережі [3-5]. Проблематика побудови топології нейронної мережі прогнозування пов'язана з необхідністю селекції значимих факторів, які впливають на обладнання в процесі експлуатації. Іншим обмеженням при застосуванні нейронної мережі є необхідність збору та аналізу даних для формування навчальної вибірки. Відповідно до запропонованого варіанту загальної класифікації факторів впливу на працездатність обладнання є фактори впливу з позиції умов застосування комп'ютерного обладнання, або якості використання та умов експлуатації. Розглядаються найбільш важливі фактори впливу з позиції умов застосування, якості та умов роботи.

Проведено аналіз зв'язків обладнання комп'ютерної системи як окремих елементів, так і системи в цілому. Сформовано вирази, які описують залежності між параметрами для одного об'єкту дослідження та залежності між параметрами об'єктів одного типу при різних умовах застосування.

Зроблено вибір показників роботи обладнання для формування вектору вхідних параметрів при побудові і використанні нейронної мережі прогнозування відмов обладнання, а саме:

– загальний час. Зроблено вибір показників роботи обладнання для формування вектору вхідних параметрів при побудові і використанні нейронної мережі прогнозування відмов обладнання, а саме :напрацювання. Визначена метрика передбачає акумулювання інформації про сумарне напрацювання системи та всіх її складових. Показник вимірюється у одиницях часу;

– час напрацювання системи після заміни, або відновлення окремих її елементів. Тут передбачається збір даних по часових інтервалах кожного окремого елементу від моменту відновлення працездатності;

– кількість циклів включення-вимикання обладнання та циклів зміни станів. Це пов'язано з навантаженням на обладнання в результаті включення-вимикання та виходу напівпровідникових елементів у робочий режим. Для автоматичного збору такої інформації та її подальшого аналізу пропонується використовувати спеціально розроблене програмне забезпечення;

– коефіцієнт циклічності відмов. Даний показник враховує спектральну щільність відмов обладнання системи. Коефіцієнт розраховується на основі ортогональних перетворень;

– кількість компонентів системи з різними ваговими коефіцієнтами.

На основі аналізу вектору вхідних параметрів, було проведено побудову та навчання нейронної мережі в програмному середовищі MATLAB з використанням функції пакета Neural Networks Toolbox.

Оцінка розробленої мережі проводилась за показником регресії та середньоквадратичного відхилення. Серед методів навчання, що використовуються, найбільш ефективним є метод Левенберга-Марквардта, для якого показник регресії дорівнює 0,106 та показник СКО – 96,681.

Список літератури

1. Кириченко А.А. Нейропакеты – современный интеллектуальный инструмент исследователя / А.А. Кириченко – Київ : Біном, 2013. –183 с.

2. Хайкін С. Нейронні мережі та навчальні машини. / С. Хайкін. – Prentice Hall. Нью-Йорк, 2009. – 936 с.

3. Барский А.Б. Логічні нейронні мережі: Учебное пособие / А.Б. Барский – Київ : Біном, 2013. – 352 с.

4, Schmidhuber J. Deep Learning in Neural Networks: An Overview // Neural Networks. – 2015. – Vol. 61. – P. 85–117.

5. Nadia Mana. Artificial Neural Networks in Pattern Recognition 5th INNS IAPR TC 3 GIRPR Workshop, ANNPR 2012, Trento, Italy, September 17-19, 2012 Proceeding. // Springer, 2012. – 245 p.

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ КРАНА В SIMMECHANICS

Шамардіна В. Н., Дем'янець С. О.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний університет», м. Харків, 61002, вул. Кирпичова, 2, verascha@i.ua

Дослідження властивостей електроприводів (ЕП) повною мірою неможливо без урахування специфіки кінематичних схем механізмів, які дають уявлення про рухомі маси та зв'язки між ними. Механічна частина (МЧ) ЕП вантажопідйомних кранів являє собою багатомасову пружну механічну систему, в якій маси рухаються з різними швидкостями як обертальними, так і поступальними. При створенні досліджуваної моделі зазвичай окремі маси приводять до однієї ланки з еквівалентною приведеною масою (приведеним моментом інерції), тобто багатоланковий механізм, навантажений складною системою сил і моментів, замінюють простою моделлю. Однак, це ускладнює кількісну оцінку впливу кожної маси, моментів інерції і зусиль на роботу МЧ ЕП.

Сучасний рівень обчислювальної техніки й програмного забезпечення дозволяє створювати детальніші математичні моделі складних електромеханічних систем (ЕМС) шляхом використання прикладного візуального моделювання.

Метою роботи є аналіз й використання можливостей існуючих програмних пакетів для дослідження динамічних процесів в складних ЕМС вантажопідйомних кранів без виконання великих обсягів математичних розрахунків при створенні моделей.

Порівняний аналіз програмних пакетів для візуального моделювання динамічних процесів (Matlab (Simulink, SimMechanics, Simscap) та його аналогів VisSim, SciLab, програм САПР AutoCAD-Electical і КОМПАС-Електрик) було виконано за єдиними критеріями. Виявлено, що бібліотека SimMechanics пакету Matlab представляється найбільш зручнішою для досліджень ЕМС, її перевагою при моделюванні механічної частини є простота створення моделей (навіть не підготовленими користувачами), висока швидкість обчислень при моделюванні рухів багатоланкових об'єктів з великим числом ступенів свободи у великих переміщеннях. На відміну від інших бібліотек блоків Matlab, які виконують математичні операції або обробляють сигнали, механічні блоки SimMechanics представляють безпосередньо фізичні тіла або зв'язки між ними.

Бібліотека SimMechanics містить набір блоків у вигляді графічних піктограм з назвами на англійській мові. Для їх перегляду, вибору і перетягування комп'ютерною мишкою у вікно S-моделі, що створюється, служить вікно браузера бібліотеки.

Створена імітаційна модель ЕП механізму пересування візка крана для кінематичної схеми з редуктором між ходовими колесами (рис.1). Використано двигун постійного струму з незалежним електромагнітним збудженням типу МІ-41. Конструкція візка включає чотири колеса (радіус – 0,04 м, ширина – 0,01 м, маса 5 кг), два вала-втулки (радіус – 0.005м, маса – 5 кг, довжина – 0,6 м) , каркас візка (довжина - 1м, ширина – 0.6м, висота – 0,075м, маса – 500 кг). При моделюванні використано підсистеми SimMechanics: Body Elements; Frames and Transforms; Joints; Utilites.

У робочому просторі задана світова система координат, де все переміщується, і гравітаційне поле. У блоці Solid зазначено параметри тіл: коліс, вала-втулки та каркасу візка. Розташування і обертання об'єкта задано за допомогою блоків Rigid Transform. Візок має два типи руху: кутове обертання коліс (задаємо блоком Revolute Joint) і лінійне пересування візка (задаємо блоком Rectangular Joint). Графіки перехідних процесів за результатами моделювання пересування візка «вперед-назад» наведено на рис. 2. Розроблено також 3D модель візка, яка дозволяє візуалізувати рухи механізму.

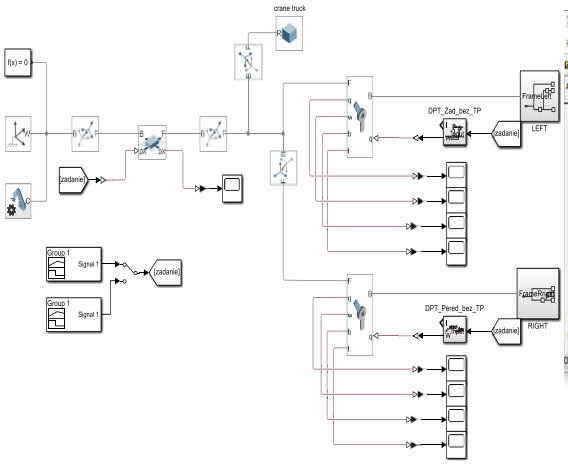
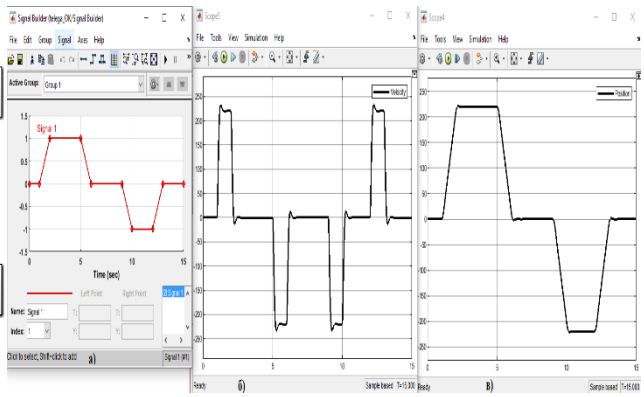


Рисунок 1 – Повна схема моделі механізму пересування візка



а) вхідний сигнал завдання на двигун;
б) перехідний процес швидкості коліс;
в) перехідний процес кутового положення коліс

Рисунок 2 – Перехідні процеси

Висновки. Модель поєднує електричну частину, яка представлена блоками з бібліотеки Simulink, і механічну частину – в SimMechanics. Модель наглядно демонструє роботу механізму у тривимірному просторі.

Користування SimMechanics не потребує приведення мас до одного з видів руху. Модель наближена до реальної механічної системи.

Список літератури:

1. Моделирование и визуализация движеий механических систем в MATLAB: Учебное пособие / В.С.Щербаков, М. С. Корытов, А.А. Руппель и др. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 84 с.

VIRTUAL BIOMEDICAL LABORATORY RESEARCH IN DISTANCE LEARNING

Kolisnyk Kostyantyn[1)], Tomashevskyi Roman[1)], Avrunin Oleg[2)], Nosova Yana[2)]
[1)] ***National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»***
Kyrpychova str. 2, 61002, Kharkiv, Ukraine
E-mail: kolesniknet@ukr.net, romiocat.khpi@gmail.com
[2)] ***Kharkiv National University of Radio Electronics,***
Nauky Ave. 14, 61166, Kharkiv, Ukraine
E-mail: oleg.avrunin@nure.ua, yana.nosova@nure.ua

Modern conditions for the training of specialists in various fields require the introduction of new methods of distance learning in all types of methodological support of the educational process. Along with various forms of theoretical training: lecture, practical and seminar work of future specialists, an important aspect in the educational process is the use of virtual laboratory research in distance learning.

The use of information technologies has been actively spreading in teaching for several decades [1,2]. A huge number of approaches for computer and distance learning have been proposed, ranging from digitized teaching materials, video lectures, and test programs, to organizing interactive courses, conducting video conferencing and modeling typical situations using virtual reality tools [3,4].

Modern challenges associated, for example, with the COVID-2019 virus pandemic, and the strict measures of long-term total quarantine in an emergency that are necessary in this regard, lead to a complete reorientation to distance learning methods, which from auxiliary ones become the main ones throughout the entire teaching cycle of the majority disciplines. Therefore, along with the possibilities of placing electronic educational materials with presentations, calculation and test tasks, as well as organizing interactive interaction with students in video conferencing modes, it is necessary to provide the educational process with the most realistic content available for distance learning services.



Figure 1 – General view of the laboratory setup for measurements in biomedical engineering



Figure 2 – General view of the installation of the camera spectrophotometer

One of the most promising directions in this direction is a panoramic view. The use of interactive control and high resolution allows you to realize the key advantage of such panoramic video - the effect of presence. Considering that medicine often uses expensive equipment, access to which is limited for development, as well as various new approaches and methods, for example, in surgical treatment, which must be demonstrated to acquire practical skills, it is advisable to use panoramic teaching video for these purposes.

In addition, panoramic video broadcasting is effective for conducting laboratory workshops in technical disciplines, where students need to get acquainted with the real work of not only one device, but in some cases, a whole complex of complex equipment (Fig. 1). Simultaneous coverage of the process from different angles using multiplexing, panoramic images, etc. – significantly expand the educational capabilities of video broadcasts. (Fig. 2).

The authors are currently conducting research and actively introducing modern methods of virtual laboratory research in distance learning into the scientific process of biomedical engineering.

References

1. Advances in Multimedia Information Processing – PCM 2018 / R. Hong, W.-H. Cheng, T. Yamasaki. et al.// 19-th Pacific-Rim Conference on Multimedia, China, September 21-22, 2018. URL : https://www.springer.com/gp/book/9783030007669.

2. Avrunin O. Features of creation technologies for educational panoramic video content / O. Avrunin, Ya. Nosova, S. Khudaieva // Modern approaches to the introduction of science into practice. Abstracts of X International Scientific and Practical Conference. San Francisco, USA 2020. – . 256–259.

3. Avrunin O.G. Principles of computer planning in the functional nasal surgery / Avrunin O.G., Nosova Y.V., Shuhlyapina N.O. and et. // Przegląd Elektrotechniczny. – 2017. – 93(3). – P. 140–143.

4. Improving the quality of telemedicine diagnostic imaging in otolaryngology / Kostyantyn Kolisnyk, Yevgen Sokol, Oleg Avrunin, Yana Nosova // Proceedings of IEEE International Scientific and Practical Conference: Problems of informations Science and Technology (PIC S&T-2020). Ukraine, Kharkiv.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПЛІВОК ФУЛЕРЕНІВ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ СКАНУЮЧИХ МІКРОСКОПІВ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ГЕОМЕТРІЇ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТІВ

Бородай І.І.
Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, 61052, Харків, вул. Різдвяна, 19, кафедра біомедичної інженерії та теоретичної електротехніки, e-mail: irina.boroday@khntusg.info

Прогрес у розвитку нанотехнологій вимагає забезпечення єдності вимірювань в нанометровому діапазоні, а також розробки нових і вдосконалення існуючих методів вимірювання характеристик матеріалів і діагностики процесів низькорозмірних системах. Методи діагностування процесів, що враховують специфіку об'єктів нанометрової геометрії, є невід'ємною частиною нанотехнологій. У зв'язку з цим представляється вкрай важливим отримання інформації про нанорельєф і локальних фізико-хімічних властивостях нанооб'єктів [1,2].

Одним з найбільш сучасних методів, що дозволяють виконувати подібні вимірювання, є скануюча зондова мікроскопія (СЗМ) [3].

Наука та технології на наномаштабному рівні мають залежність від СЗМ, що дозволяє досліджувати та маніпулювати масштабами поверхонь, навіть до атомного рівня. Застосовується СЗМ до методів, що засновані на мікроскопії, в яких використовується дуже маленький фізичний зонд, який взаємодіє зі зразком для аналізу його властивостей поверхні (наприклад, топографічних, магнітних і електричних). Додана петля зворотного зв'язку для регулювання відстані між зондом та поверхнею зразка.

Нанотехнології ставлять нові вимірювальні завдання, спрямовані на поглиблення розуміння процесів, що лежать в основі СЗМ, і їх подальше удосконалення для діагностики наноструктур і метрологічного забезпечення вимірювань в нанометровому діапазоні. Серед засобів вимірювань СЗМ найкращим дозволом володіють скануючі тунельні мікроскопи (СТМ), особливо експлуатовані в умовах надвисокого вакууму (НВВ) або при низьких температурах.

Перші НВВ СТМ займають особливе місце, оскільки дозволяють вимірювати як геометричні параметри поверхні об'єктів, так і їх локальну тунельну провідність, що характеризує розподіл щільності електронних станів $\rho(x, y)$. Однак при визначенні геометричних параметрів об'єктів за допомогою СТМ, особливо в діапазоні від одиниць до часткою нанометра, виникають значні похибки внаслідок залежності тунельного струму мікроскопа від локальної щільності станів $\rho(x, y)$ і її змін в області тунельного контакту за рахунок різних тунельних ефектів, а також через відсутність еталонних мір для цього діапазону вимірювань. З цих причин для калібрування СТМ в

умовах НВВ або низьких температур часто використовують двовимірні поверхневі структури різних кристалів, що володіють достатньою провідність для отримання тунельного струму. Такі структури забезпечують високу стабільність геометричних параметрів на поверхні при отриманні зображень із застосуванням СТМ-зображення і можуть служити для калібрування при визначенні геометричних параметрів об'єктів нанометрової геометрії [4].

На сьогоднішній день в біомедичній інженерії приладів медичного призначення існує можливості створення еталонних мір на основі поверхневих структур, за допомогою яких можна здійснювати калібрування широкого спектру приладів зондової мікроскопії, включаючи НВВ СТМ. До таких поверхневих структур належать впорядковані плівки фулеренів і їх модифікацій [3-6], які широко досліджують і в останні роки намагаються застосовувати в молекулярній електроніці. Викликано це кількома причинами. З одного боку, фулерени і їх модифікації є багатообіцяючими кандидатами на шляху створення електроактивних пристроїв в додатках нанотехнології і можуть бути розглянуті як конструктивні елементи цих пристроїв. З іншого – фулерени можуть служити в якості тимчасових електронних акцепторів, ефективно розщеплюють екситон і генеруючих носії заряду, а фторовані фулерени можуть застосовуватися при створенні нових матеріалів, що володіють властивостями широкозонних напівпровідників і діелектриків.

Такий інтерес до фулеренів дозволив розвинути методики приготування плівок фулеренів і їх модифікацій з надійно контрольованою впорядкованою поверхневою структурою. Кристалографічний порядок в плівці фулерена визначається балансом внутрішньомолекулярної взаємодії і взаємодії між фулереном і підкложкою. Такі структури мають високу впорядкованістю і стабільністю геометричних параметрів і можуть бути використані для створення еталонних мір в діапазоні від сотні одиниць до десятих часток нанометра.

Список літератури

1. Волова Т. Г. Биотехнология / Т.Г. Волова. – Новосибирск: Изд-е Сибирского отеления РАН, 1999. – 252 С.

2. https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F3-540-29838-X_11

3. : Scanning tunnelling microscopy / G. Binnig, H. Rohrer // Surf. Sci. – 1983. – Vol. 126. – l236–244C.

4. A calibrated scanning tunneling microscope equipped with capacitive sensors / E. Holman, C. D. Laman, P. M. L. O. Scholte et al // Rev. Sci. Instrum. 67 (1996), PP. 2274–2280.

5. Optical scan-correction system applied to atomic force microscopy / R. C. Barrett, C. F. Quate // Rev. Sci. Instrum. – 1991. – 62. – 1393 p.

6. , Lozanne A.L.de. Spatial variation in the superconductivity of Nb3Sn measured by low-temperature tunneling microscopy / A.L.de Lozanne, S.A.Elrod, C.F.Quate // Phys.Rev.Lett. – 1985. – No 54. – 2433–2439.

АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ, ЛІКУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕРАПІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ КВЧ ДІАПАЗОНУ

Брюзгінова Н. В.
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усікова НАН України
Україна, Харків, 61085, вул. Ак. Проскури, 12
E-mail: nbruzginova@gmail.com

За останні 30 років розроблено і застосовується безліч апаратів для КВЧ-терапії зарубіжного виробництва (Амфит-0,2/10-01, Спинор LCD/мини, КВЧ-НД, Аист-3, Орбита та ін.) і вироблені в Україні (МИТ-1 КВЧ-2, МИТ-1 ЛТ-КВЧ, МИТ-1 ЭТ-КВЧ). Також існують апарати для КВЧ-діагностики (прилад АИС Лидо , медичний комплекс ДКМ-01, прилад «Эмиграф», офтальмологічний лікувально-діагностичний комплекс, лікувально-діагностична система ЛЭДИС - 2КМ).

Таким чином, розробка апаратури що дозволяє визначати індивідуальну чутливість до КВЧ-терапії та моніторинг фізіологічного стану пацієнтів, а також проводити лікування у рамках єдиного апаратного комплексу є актуальною задачею.

Розроблено апаратний комплекс який застосовується для визначення індивідуальної чутливості пацієнтів до КВЧ-терапії на клітинному рівні та лікування методом КВЧ-аутогемотерапії і моніторингу ефективності терапії на всіх етапах лікування [1].

Комплекс для діагностики, лікування та моніторингу ефективності лікування складається з трьох основних блоків (рис.1):

1. Блок для опромінення біологічних рідин призначений для опромінення клітин буккального епітелію і цільної крові пацієнта та складається з генератора міліметрового випромінювання і пристрою для опромінення біологічних рідин [2].

2. Блок для визначення параметрів служить для реєстрації індивідуальних параметрів пацієнта і включає в себе: оптичний мікроскоп, пристрій для визначення електрофоретичної рухливості ядер клітин «Біотест» [3], камеру для мікроелектрофорезу, лічильник клітин, підключений до аналізуючого блоку для передачі відповідних параметрів пацієнта.

3. Аналізуючий блок – персональний комп'ютер, оснащений відповідними інтерфейсами та спеціальною програмою для аналізу і формування даних результату дослідження.

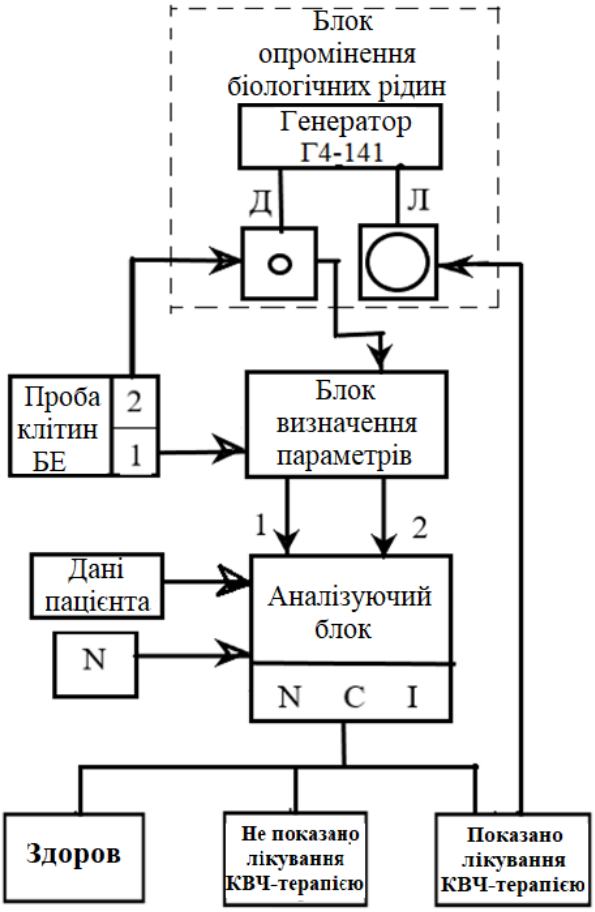


Рисунок 1 – Структурна схема апаратного комплексу (Д – пристрій для опромінення клітин БЕ, Л – пристрій для опромінення крові)

В рамках одного апаратного комплексу реалізується можливість ефективно визначати індивідуальну чутливість пацієнтів до КВЧ-терапії, проводити процедуру КВЧ-аутогемотерапії, а також здійснювати контроль ефективності лікування.

Список літератури

1. Бецкий О. В. Аппаратура для КВЧ терапии / О. В. Бецкий, Н. Н. Лебедева, Ю. Г. Яременко // Радиотехника. – 2007. – № 3. – С. 4–15.

2. Apparatus for diagnosis, treatment and therapy efficacy monitoring. / N. V. Bryuzginova, V. K. Ivanov, S.P. Sirenko et al. // Telecommunications and Radio Engineering. – 2020. – Vol 79 (8). – P. 723–730.

3. Efficiency Testing of Biologically Significant Effects of Millimeter Waves / O.I. Bilous, N.V. Bryuzginova, S.P. Sirenko. A.I. Fisun // Telecommunications and Radio Engineering. – 2016. – Vol. 75, No 8. – P. 757–762.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СЕРДЦЯ МЕТОДОМ ХОЛТЕРА

Варналій А.А.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського
Адреса: Україна, 03056, м.Київ-56, проспект Перемоги, 37

Серцево-судинні захворювання є одні з найрозповсюдженіші та є однією з провідних причин смерті у світі: щороку вони забирають більше 17 мільйонів людських життів.

Електрокардіограф є одним з найпростіших і в той же час одним з найбільш важливих засобів діагностики серцево-судинних захворювань, тому завдання підвищення якості знімання та обробки електрокардіограм залишається актуальною і понині. При цьому активно розробляються і впроваджуються цифрові методи фільтрації та аналізу електрокардіограм [1].

Метод Холтерівського моніторування дозволяє проводити тривалу реєстрацію ЕКГ в умовах щоденної активності пацієнта з подальшим розшифруванням та аналізом отриманих даних, завдяки тому що запис ведеться безперервно протягом 1-ї та 2-х діб. З огляду на поєднання неінвазивності та високої інформативності, можливостей використання в стаціонарних і амбулаторних умовах, ХМ ЕКГ широко застосовують для діагностики порушень ритму та провідності серця, ІХС, а також оцінки ефективності лікування серцево-судинних захворювань [2].

Можливість тривалої реєстрації ЕКГ-сигналу заснована на здатності елементів живлення ЕКГ реєстратора до витрати електричної енергії. Тривалість реєстрації ЕКГ-сигналу від 1-2 батарейок (1,5 В, АА або ААА) традиційними системами ХМ-ЕКГ може доходити до декількох днів [3].

В даній роботі було проведено аналіз впливу тривалості реєстрації ЕКГ на його діагностичну цінність. Пристрій ХМ-ЕКГ включає в себе аналізатор, індикатор попередження екстрених ситуацій роботи серцево-судинної системи пацієнта, а також енергонезалежну пам'ять моніторингу ,безпровідний інтерфейс для передачі інформації на комп’ютер лікаря-кардіолога, для онлайн консультацій[4].

В результаті аналізу різних досліджень можемо бачити таку закономірність, чим довше проводиться моніторування, тим більший відсоток хворих будо виявлено.

Н. Дагрес вивчав вплив тривалості холтерівського моніторування ЕКГ на ефективність виявлення рецидивів і встановив що 24-годинне спостереження виявило 59%, 48-годинне - 67%, 72-годинне - 80%, а 4-денній запис - 91% ,від того числа пацієнтів, яке було виділено по завершенні всіх 7 днів спостереження .

Дослід Ю.Н. Горожанцева проводився на вибірці з 27 людей (14 жінок і 13 чоловіків) середнім віком 42.8+-10.8 протягом 7-ми днів. При

узагальненні результатів по всіх аналізованих видам аритмій були отримані наступні усереднені показники. Ймовірність виявлення аритмії протягом 24-годинного спостереження склала 51,4% по відношенню до багатоденних досліджень. Частка випадків, коли аритмія виявлялася тільки в одну добу з усього часу спостереження, склала 39,4%. У 73,5% випадків виявлялися хоча б одну добу, коли шукана аритмія повністю була відсутня [5].

За першу добу виявляється тільки трохи більше половини пацієнтів хворих аритмією, 51,4-59%, за другу добу цей відсоток підвищується до 67%, підвищення моніторування до 4-7 діб , дозволило виявити до 91%.

Також проаналізувавши доступні на ринку пристрої Холтерівського моніторування живляться 1 батарейкою типу ААА, та мають тривалість роботи від одної батареї до 2-х діб. Так як звичайні батарейки мають об'єм до 540mAh, для роботи до 4-х діб вистачить акумуляторної 1100-1200мAh. Для подовження роботи Холтера потрібна система з додатковим акумулятором та батарейкою-перехідником. Данна конструкція складається з батарейки-перехідника, дроту підключення та акумулятора (або блоку акумуляторних батареї) який можна причепити зовні пристрою, або покласти в кишеню.

Список літератури

1. Яковенко І.О. Автоматизация обработки ЭКГ для повышения достоверности диагноза /Яковенко І.О., Клочко Т.Р., Леус О.О. // Вісник НТУУ "КПІ". Серія приладобудування. – 2010. – Вип. 39. – С. 156-163.

2.Холтерівське та фрагментарне моніторування ЕКГ / О.Й. Жарінов, В.О. Куць, М.С. Сороківський, У.П. Черняга-Ройко. – К.: 2010. – С.1–5.

3. Первова Е.В. Современные методы амбулаторного мониторирования электрокардиограммы. Технические аспекты. / Е.В. Первова [Електронний ресурс] https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-ambulatornogo-monitorirovaniya-elektrokardiogrammy-tehnicheskie-aspekty/viewer.

4. Смолка А.С. Мобильный прибор кардиомониторинга / Смолка А.С., Клочко Т.Р. // Новые направления развития приборостроения. Материалы 11-й Междунар. Студ. НТК., 18-20 апреля 2018 г., Минск, БНТУ, Беларусь, Минск, 2018. – С.165–166.

5. Диагностические преимущества многосуточного Холтеровского мониторирования электрокардиограммы перед стандартным 24-часовым исследованием / Ю.Н. Горожанцев [Електронний ресурс] https://cyberleninka.ru/article/n/diagnosticheskie-preimuschestva-mnogosutochnogo-holterovskogo-monitorirovaniya-elektrokardiogrammy-pered-standartnym-24-chasovym.

АНАЛІЗ СИГНАЛІВ НАНОПОРОВОГО СЕКВЕНУВАННЯ ДНК ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ГЕНЕТИЧНИХ ЗМІН

Євдощенко І.М., Іванько К.О., Іванушкіна Н.Г.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Україна, 03056, м. Київ, проспект Перемоги, 37,
iraevdoshchenko@gmail.com, koondoo@gmail.com, m.ivanushkina@gmail.com

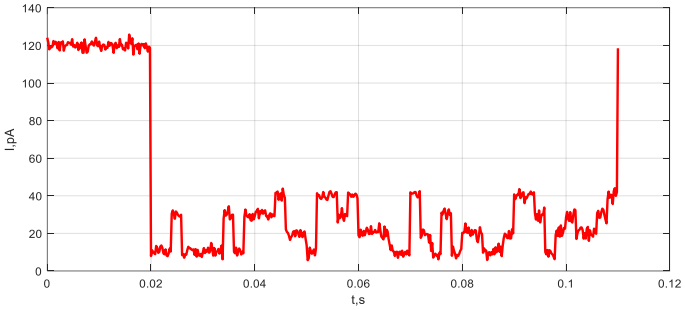
Метою роботи є розробка алгоритмів для моделювання і аналізу сигналів нанопорового секвенування ДНК для дослідження генетичних змін, що призводять до раку. Принцип нанопорового секвенування заключається в переміщенні молекули ДНК, що аналізується, крізь нанопору і реєстрації змін в оточуючому електричному полі в процесі руху молекули [1]. Зміна струму іонів крізь канал при проходженні нуклеотида складає до 40 пА і помітно відрізняється для кожного з чотирьох типів нуклеотидів. Це дозволяє визначити послідовність нуклеотидів ДНК.

Зміни, які відбуваються в ДНК при переході від норми до раку називаються раковими мутаціями. З метою розробки алгоритму знаходження мутацій у ДНК тканин, уражених раком, в роботі використовувалися фрагменти послідовностей нуклеотидів з бази даних *COSMIC* (catalogue of somatic mutation in cancer – база даних соматичних мутацій при раку) [2]. Для дослідження було обрано нуклеотидні послідовності в нормі і з наявністю різних форм мутацій, таких як: місенс-мутації (точкова мутація, де відбувається заміна нуклеотиду, що кодує іншу амінокислоту), нонсенс-мутації (точкова мутація, де кодується стоп – білок), інсерція (вставка ділянки ДНК), делеція (видалення ділянки ДНК). Довжина аналізованих ділянок складала 45 нуклеотидів.

При моделюванні сигналу струму крізь нанопору під час протягування одноланцюгової ДНК використовувалися наступні параметри, які відповідають реальним патч-кламп установкам у режимі фіксації напруги: частота дискретизації сигналу 5 кГц; швидкість протягування ДНК крізь нанопору – 500 нуклеотидів/с; середній струм іонів крізь нанопору у випадку перекриття пори гуаніном складає 10пА, у випадку перекриття тиміном – 20пА, у випадку перекриття аденіном – 30пА, у випадку перекриття цитозином – 40пА; тривалість знаходження нуклеотиду в порі складає 2 мс; крок дискретизації сигналу – 0,2 мс (кожний нуклеотид моделюється як сходинка, яка містить десять відліків сигналу).

Аналіз біологічних послідовностей вимагає попередньої обробки сигналів нанопорового секвенування ДНК з метою усунення шуму та знаходження однакових сегментів у послідовностях. Важливою задачею є вирівнювання однакових біологічних послідовностей та виявлення ділянок з мутаціями та визначення типів цих мутацій. В даній роботі застосовано

кореляційний аналіз для визначення подібності допомогою кореляційної функції між двома формами сигналів струму у нанопорі (в нормі та з наявністю мутації). При порівнянні фрагментів ДНК в нормі та за наявності мутацій за розташуванням піка кореляційної функції визначено, на скільки відліків зсунувся сигнал та, відповідно, який це тип мутації (інерція чи делеція). З метою дослідження можливості застосування алгоритмів машинного навчання до задачі класифікації сигналів нанопорового секвенування було змодельовано по 300 сигналів відрізків послідовності нуклеотидів для кожного з 4х класів мутацій – місенс, нонсенс, інерція та делеція. До змодельованого сигналу кожного класу додавався адитивний гаусівський шум з нульовим середнім. В роботі використано класифікатор *k* найближчих сусідів. Результати класифікації суттєво залежать від рівня шуму та типу мутації. Матриця похибок класифікації наведена на рис. 1. У разі збільшення амплітуди змодельованих шумових складових, виникає перекриття класів для норми і однонуклеотидної мутації, особливо якщо рівні сходинок для 2х нуклеотидів в нормі і при мутації лежать поруч.



True class					
	D	300			
	I		300		
	M			297	3
	N			5	295
		D	*I*	*M*	*N*
	Predicted class				

Рисунок 1 – Приклад моделювання струму крізь нанопору та матриця похибок класифікації

Висновок: Результати класифікації показують, що рівень шуму суттєво впливає на точність класифікації. При досягненні певного рівня шуму відбувається перекриття класів. Такі мутації як інсерції і делеції класифікуються без помилок, тому що через зсув між сигналом в нормі та при мутації буде зростати евклідова відстань між цими сигналами. Тому ці класи класифікатор виявляє без помилок.

Список літератури

1. Single-nucleotide discrimination in immobilized DNA oligonucleotides with a biological nanopore / David Stoddart et al. // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2009. –106 (19). – pp.7702–7707.

2. Catalogue of Somatic Mutations in Cancer. – Режим доступу до ресурсу: https://cancer.sanger.ac.uk/cosmic.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ АТОПИЧЕСКОГО ДЕРМАТИТА

Исаева О. А., Трубицин А. А.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники, г. Харьков, Украина. E-mail: olha.isaieva@nure.ua

В работе описывается метод телемедицинской медицины, который можно применять для исследования атопического дерматита. Рассказываются основные особенности приборов, которые должны входить в телемедицинскую систему. Рассматривается переход цветовой системы RGB в систему HSV.

Ключевые слова: дерматология, дерматоскопия, телемедицина, атопический дерматит, системы телемедицины

Введение. В связи с продолжающейся пандемией COVID-19 телемедицинские технологии получают как никогда широкое применение. Данный подход позволяет избежать лишнего контакта с возможными носителями данного вируса в медицинских учреждениях. Дерматологические телемедицинские услуги предлагают уменьшенное время ожидания, увеличенную гибкость графика и достаточную удовлетворенность пациента [1].

На данный момент известно, что телемедицина может применятся для реализации удаленных консультаций и наблюдений в динамике атопического дерматита, который представляет собой хроническое воспалительное заболевание кожи, которое обычно начинается в раннем детском возрасте, может продолжаться или рецидивировать в зрелом возрасте [2]. Очень важно выявить признаки заболевания на раннем этапе.

Для таких случаев целесообразна разработка телемедицинской системы для видеодерматоскопии и анализ ее компонентов для оценки возможностей ее применения при удаленной диагностике атопического дерматита.

Результаты исследований. Телемедицинская система должна состоять из цифрового видеодерматоскопа, который позволяет регистрировать диагностические изображения с регулируемым оптическим увеличением и разрешением для обеспечения приемлемого динамического диапазона, а также встроенным блоком освещения [3].

Устройство должно иметь возможность записывать цифровые изображения на карту памяти и передавать их для анализа, например, на компьютер или смартфон. У специалиста должно быть установлено специализированное программное обеспечение для хранения и обработки полученных дерматоскопических изображений с учетом анализа цветовых компонент областей интереса, специфичных для диагностируемой патологии [4-5]. Случаи атопического дерматита можно исследовать в дистанционном режиме, когда пациенты присылают фотографию проблемного участка своему врачу-

специалисту, который исследует пораженную зону с помощью метрологически сертифицированного программного обеспечения [2, 6].

Для исследуемых дерматоскопических снимков были получены средние значения каналов яркости в RGB цветовой модели с последующим переходом в HSV цветовую систему, которая направлена на зрительное восприятие человеком [2, 5]. После этого была построена диаграмма изменения цветовых составляющих к норме в зависимости от дня наблюдения

Выводы. В современных условиях можно увидеть преимущества от применения телемедицинских сервисов для первичной диагностики и контроля лечения дерматологических заболеваний. Это позволит уменьшить затраты времени, контакт с носителями заболеваний, а также снизить финансовые затраты. Перспективой работы является разработка законченной системы для осуществления дерматоскопии с помощью телемедицинских сервисов и формирование практических рекомендаций по ее использованию как для специалистов, так и для пациентов.

Список литературы

1. Isaieva O. Special features of the use of telemedicine technologies in dermatology / O. Isaieva, A. Trubitsin, O. Avrunin, D. Strelchenko // Abstracts of XV International Summer School Conference. – Odesa: «Odesa I.I. Mechnikov National University», 2020. – P. 38–40.

2. Инструментальные методы оценки состояния кожи при атопическом дерматите / А. А. Трубицын, О. А. Исаева, В. А. Клименко, О. Г. Аврунин // Наука та виробництво. – 2019. – № 20. – С.180–187.

3. Avrunin O. Development of Automated System for Video Intermatoscopy / O. G. Avrunin, V. Klymenko, A. Trubitcin, O. Isaeva // Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference International Trends in Science and Technology Vol.2, January 31, 2019, Warsaw, Poland. – P. 6–9.

4. Аврунін О.Г. Сучасні інтелектуальні технології функціональної медичної діагностики / Аврунін О.Г., Бодянський Є.В., Калашник М.В. та ін. – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 248 с.

5. Oleg G. Avrunin, Natalia O. Shushlyapina, Yana V. Nosova, Wojciech Surtel, Aron Burlibay, Maral Zhas- sandykyzy. Method of expression of certain bacterial microflora mucosaol factory area. Proc. SPIE 9816, *Optical Fiber- sand Their Applications*, 2015, 98161L, doi:10.1117/12.2229074.

6. Щапов П. Ф. Получение информационной избыточности в системах измерительного контроля и диагностики измерительных объектов / П. Ф. Щапов, О. Г. Аврунин // Український метрологічний журнал. – 2011.– No 1.– С. 47–50.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРНЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СКРИНІНГУ ГІПЕРТОНИЧНИХ СТАНІВ ПАЦІЄНТІВ

Колісник К.В.[1)], Сокол Є.І.[1)], Коваль С.М.[2)], Пенькова М.Ю.[2)]
[1)] ***Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", вул. Кірпичова 2, 61002 Харків, Україна***
kolesniknet@ukr.net, Sokol@kpi.kharkov.ua
[2)] ***Національний інститут терапії ім. Л.Т. Малої Національної академії медичних наук України,***
пр. Любові Малої 2-а, 61039 Харків, Україна
sergekovalmd@gmail.com, marinapenkova1971@gmail.com

Гіпертонічні стани (ГС) та серцево-судинні захворювання (ССЗ) є основною причиною смерті в усьому світі, і за останніми даними щорічно вмирає близько 20 мільйонів чоловік, що складає третину від всіх випадків смерті в світі. Таке поширення ціх хвороб пов'язано з багатьма факторами сучасного життя, та потребує значної уваги як до своєчасного виявлення цього захворювання (скринінгу), так і добового стеження за станом хворої людини (моніторінгу). Інфаркти та інсульти зазвичай є гострими захворюваннями і відбуваються, головним чином, в результаті закупорювання судин, яке перешкоджає току крові до серця або мозку.

У сучасних умовах проблема вдосконалення методів діагностики і лікування ГС та ССЗ набуває особливої актуальності у зв'язку з необхідністю розширення сфери контролю і спостереження стану пацієнтів [1, 2].

Для своєчасного та ефективного виявлення цих вад останнім часом широко використовуються сучасні інтернет технології та методи комьютерної діагностики.



Рисунок 1 – Сучасні засоби дистанційного кардіомоніторінгу

У цьому випадку важливу роль в лікуванні пацієнта можуть надавати біомедичні засоби дистанційного моніторингу пацієнтів (Рис. 1), що дозволяють контролювати основні параметри організму пацієнта, віддаленого від стаціонару, і надавати необхідну інформацію лікаря для поточного контролю його стану і прийняття необхідних лікарських дій [3].

Виходячи з клініко-патогенетичної характеристики ССЗ особливе значення для телемедичного моніторингу мають такі біометричні показники: рівні офісного і домашего АТ, показники ДМАТ (усереднені показники систолічного, діастолічного, середнього АТ і ЧСС за добу, день, ніч; максимальні і мінімальні значення АТ і ЧСС за різні періоди доби; індекс часу

навантаження тиском; варіабельність АТ і ЧСС протягом дня і ночі; добовий індекс (ступінь нічного зниження АТ); ранковий підйом АТ (величина і швидкість ранкового підйому АТ); гипотонические епізоди (індекс часу гіпотонії, діагностика порушень ритму і провідності за даними одномометного дослідження ЕКГ в спокої і даними добового моніторування ЕКГ.

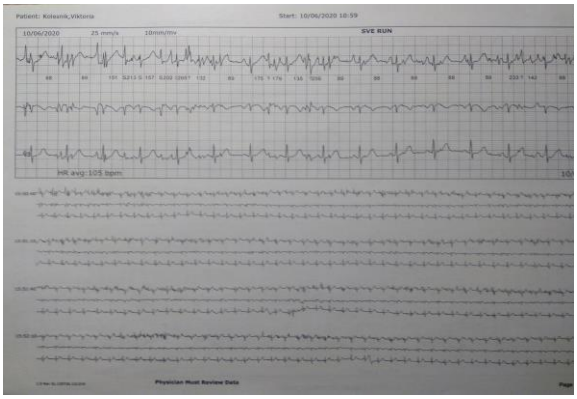


Рисунок 2 – Біометрична інформація холтеровського моніторування

Отримана біометрична інформація завдяки новітнім програмно - математичним телеметричним приладам та сучасним методам статистичної обробки інформації з використанням комьютерних технологій, дозвляє виявляти дододаткові діагностичні ознаки, що в свою чергу значно покращує медичну діагностику, зменшуючи вірогідність похибки, а також інколи дозволяє робити прогнозуючи передбачення.

Робота в цьому напрямку зараз виконується лабораторією біомедичної електроніки НТУ ХПІ разом з ДУ НІТ ім. Л.Т. Малой НАМН України, та передбачає практичне використання її результатів на базі останнього.

Перелік літератури

1. Серцево-судинні захворювання. Класифікація, стандарти діагностики та лікування // Асоціація кардіологів України ; за ред. акад. В.М. Коваленко. – К. : Моріон, 2016. – 192 с.

2. Аналитический обзор биомедицинских средств дистанционного мониторинга пациентов с артериальной гипертензией / Сокол Е.И., Колесник К.В., Коваль С.Н. и др. // Сборник научных трудов VI Международного радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития: МРФ-2017»: конференция «Проблемы биомединженерии. Наука и технологии». – Украина, Харьков. – 2017. – С. 128–111.

3. Kolisnyk K.V., Tomashevskyi R.S., Sokol T.V., Koval S.M., Deineko D.M. Creation of Regional Telemedicine Diagnostic and Treatment Complex. Proc. of 4th ICNBME-2019. 18–21 September 2019, Chisinau, Republic of Moldova.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

Король Е.И., Кипенский А.В.
Национальный технический университет «ХПИ»,
г. Харьков, 61002, ул. Кирпичева, 2, e-mail: kavkpi@ukr.net

Рациональное применение факторов физической природы для лечебных целей в каждом конкретном случае предполагает дифференциальный выбор вида энергии (механическая или электрическая), метода ее использования и методики проведения процедур. При этом обычно, учитываются особенности применения конкретного физического фактора, характер основных клинических проявлений, индивидуальные особенности течения заболевания, исходное функциональное состояние организма и специфичность лечебного действия избранного фактора. С учетом того, что физические факторы обладают неодинаковой терапевтической эффективностью при лечении конкретного заболевания, параметры лечебного фактора и методика его применения должны быть оптимальными, т.е. максимально соответствовать характеру и фазе патологического процесса [1].

Несмотря на приведенные выше утверждения, в некоторых случаях для лечения одних и тех же заболеваний рекомендуется использовать разные методы с применением лечебных факторов с различными параметрами. Примером альтернативного использования методов электротерапии являются диадинамотерапия (воздействие однополярными импульсами электрического тока с синусоидальным фронтом и экспоненциальным срезом, которые следуют с частотой 50 или 100 Гц) и амплипульстерапия (воздействие электрическим током синусоидальной формы с частотой 5000 Гц, который промодулирован по амплитуде колебаниями с частотой от 10 до 150 Гц).

Использование различных методов лечения рассмотрим на примере воздействия на суставы ног [2]. Для лечения суставов диадинамические токи (ДДТ) в ходе одной процедуры назначают в следующем порядке:

– двухполупериодный волновой ток (ДВ) – 2–3 мин (серии импульсов тока с частотой 100 Гц, чередуются с паузами, причем амплитуда импульсов тока в сериях не постоянна, она изменяется по трапецеидальному закону, см. рис. 1, *а*);

– ток вида короткий период (КП) – 2–3 мин (чередование серий импульсов тока с частотами 50 и 100 Гц, см. рис. 1, *б*);

– ток вида длинный период (ДП) – 2–3 мин (чередование серий импульсов тока с частотами 50 и 100 Гц, причем в серии импульсов с частотой 100 Гц амплитуда нечетных импульсов изменяется по трапецеидальному закону, а а каждый четный импульс имеет постоянную амплитуду, соответствующую заданному значению, см. рис. 1, *в*).

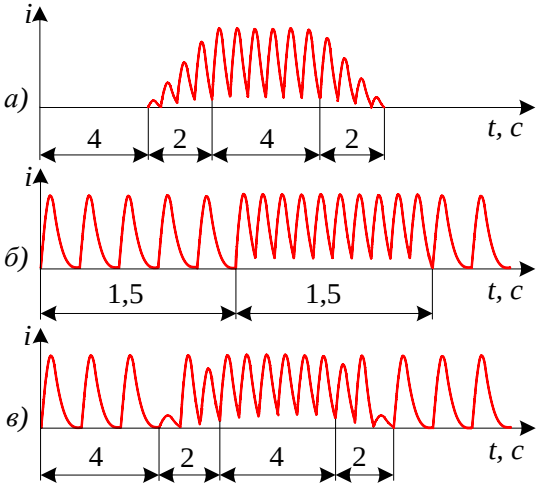


Рисунок 1 – Диадинамические токи

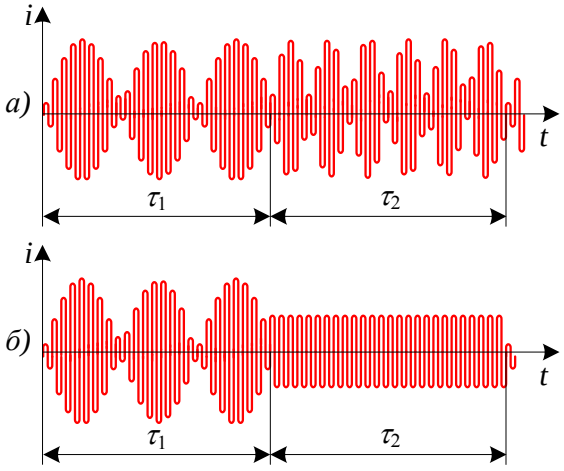


Рисунок 2 – Синусоидальные модулированные токи

Для лечения суставов ног синусоидальные модулированные токи (СМТ) в ходе одной процедуры назначают в следующем порядке:

– ток IV рода работы (СМТ 4) – 3–6 мин (чередование двух серий токов синусоидальной формы с двумя различными значениями частоты модулирующего сигнала, причем в нечетных сериях частота модулирующего сигнала выбирается из ряда дискретных значений, а в четных сериях – она равна 150 Гц, см. рис. 2, *а*);

– ток III рода работы (СМТ 3) – 3–6 мин (чередование двух серий токов синусоидальной формы, причем в нечетных сериях частота модулирующего сигнала выбирается из ряда дискретных значений, а в четных сериях – модуляция отсутствует, см. рис. 2, *б*).

Для обоих СМТ рекомендованная частота модуляции – 30–100 Гц, коэффициент модуляции 50–75 %, длительность серий $\tau_1 = 2$ с, $\tau_2 = 4$ с.

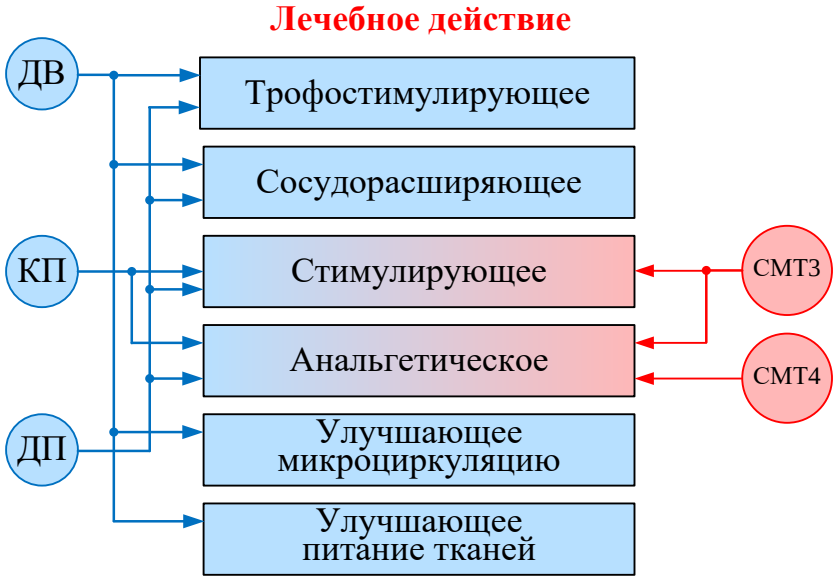


Рисунок 3 – К объяснению идентичности лечебного действия ДДТ и СМТ

Объяснение идентичного лечебного действия на суставы ног токов совершенно различных по внешнему виду и по параметрам, частично может быть объяснено подобием лечебных эффектов (см. рис. 3). Однако, более точное определение взаимосвязи лечебных эффектов и параметров токов, а также выявление возможностей усиления требуемого эффекта, очевидно, может быть найдено лишь с учетом более глубокого изучения свойств токов, применяемых в электротерапии, исследования их параметров, а также соотношений различных параметров этих токов.

В качестве одного из вариантов таких исследований предлагается использовать гармонической анализ с представлением информации в виде круговой диаграммы (рис. 4). Где угол соответствует частоте отдельной гармоники сигнала, а удаление от начала координат, логарифму амплитуды этой гармоники.

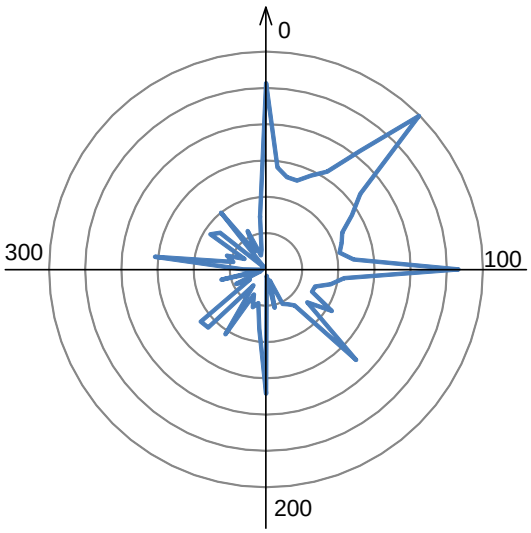


Рисунок 4 – Диаграмма спектра ДДТ ДП

Для нахождения спектра сигнала $s(t)$ используется преобразование Фурье, согласно:

$$F(\omega)=\int_{-\infty}^{\infty} s(t)^{-j\omega t}dt,$$

а для перевода в угловые координаты используем выражения:

$$\varphi(\omega)=2\pi\,{}^{\omega}/_{(\omega_B-\omega_H)};$$

$$L(\omega)=\ln\left[{}^{|F(\omega)|}/_{|\min(F)|}\right],$$

где $\varphi(\omega)$ – угол вектора на круговой диаграмме;

ω_B, ω_H – верхняя и нижняя граничные частоты сигнала;

$L(\omega)$ – логариф модуля вектора на круговой диаграмме.

Такой подход позволяет получить спектральный «образ» сигнала, который может в определенной степени характеризовать его терапевтические свойства.

На рис. 4, в качестве примера, приведена спектральная диаграмма («образ») ДДТ вида ДП. Есть предположение, что любой другой вид тока, имеющий аналогичный «образ», будет иметь аналогичные лечебные свойства и может быть использован для лечения тех же заболеваний. Однако для полной уверенности в правоте сделанного заявления необходимы дополнительные исследования, связанные, прежде всего с точным определением лечебных эффектов, присущих токам различной формы, которые используются в электротерапии.

Список литературы

1. Боголюбов В.М. Общая физиотерапия / В.М. Боголюбов, Г.Н. Пономаренко – М.: Медицина, 1999. – 432 с.

2. Техника и методики физиотерапевтических процедур (справочник) / Под. ред. В.М. Боголюбова. – Тверь: Губернская медицина, 2002. – 403 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГЕРМЕТИЗИРОВАННОГО НАПОРНОГО ЭКСТРАКТОРА

Косулина Н. Г., Черенков А. Д., Коршунов К. С.
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, г. Харьков, ул. Рождественская, 19

Анализ работы текстильной промышленности за последние годы позволяет сделать вывод, что спад производства продолжается и экономические условия функционирования предприятий не позволяют остановить снижение объема производства [1].

Технический уровень оборудования, установленного на фабриках первичной обработки шерсти (ПОШ) не соответствует современным требованиям, а машиностроение Украины для этой отрасли машин и оборудования не выпускает [1]. Анализ технологического процесса и оборудования, применяемого на фабриках ПОШ, выявил существенные недостатки [1,2].

Для устранения указанных недостатков нами были намечены пути, позволяющие, на наш взгляд, разрешить перечисленные проблемы, а для этого необходимо: разработать новую безотходную технологию по первичной обработке шерсти; разработать малогабаритное оборудование для работы по безотходной технологии на основе гидродинамического напорного экстрактора.

Большое число различных загрязнений в производственных сточных водах обуславливает и многочисленные способы, методы, приемы и технологические схемы, применяющиеся при их очистке.

Существующие методы очистки можно разделить на пять групп: *механические* – усреднение, аэрация, отстаивание, осаждение в гидроциклонах, процеживание, фильтрация; *химические* (реагентные) – нейтрализация и фильтрация через активные загрузки, коагулирование, химическое осаждение и соосаждение вредных веществ, окисление и восстановление; *физико-химические* – экстракция, эвапорация, адсорбция, ионный обмен, электрокоагуляция и электролиз, флотация, кристаллизация; *биологические* – аэробное окисление на биофильтрах и в аэротенках, анаэробное сбраживание в метантенках; *термические* – выпаривание и испарение, сжигание сточных вод, сушка осадков.

Рассматриваемые методы в свою очередь разделяются *регенеративные* и *деструктивные*. К регенеративным относят большинство физико-химических методов, таких как: экстракция, эвапорация, адсорбция, ионный обмен, электролиз, кристаллизация. Остальные методы, по существу, деструктивны, однако в отдельных конкретных случаях с их помощью можно осуществлять и регенеративную очистку, то есть извлекать из сточных вод полезные вещества [1-4].

В практику последних лет вошел метод флотации для очистки

сточных вод первичной обработки шерсти. К недостаткам реагентно-флоатационной технологии следует отнести: необходимость осуществления флотационного процесса при низких значениях Ph до величины 4,2…4,5; применение кислотостойкого оборудования не только в блоке очистных сооружений, но и в блоке обработки осадков.

Анализ литературы и результатов наших исследований показали, что наиболее приемлемым методом очистки сточных вод с возвратом их в оборотную систему может быть применение центрофугирования и электрофлотации. Существенным недостатком электрофлотокоагуляции являются процессы пассивации поверхности растворимых электродов и адсорбции на них посторонних примесей.

Поэтому поддержание оптимальной плотности тока является необходимым условием эксплуатации электрокоагулятора. Проведенный анализ показывает, что степень очистки зависит от многих факторов, основными из которых являются: плотность тока, время обработки, высота слоя жидкости, температура жидкости и степень диссоциации воды на ионы, оцениваемая по водородному показателю pH.

Выводы. В осветлительных центрифугах на производительность влияют кинематические и геометрические параметры ротора. В герметизированных экстракторах тяжелая фракция в поле центробежных сил будет накапливаться на большом радиусе внутренней плоскости ротора и для её движения необходимо создать избыточное давление на входе экстрактора.

Список литературы

1. Шерсть. Первичная обработка и рынок / [Рогачев Н. В., Васильева Л. Г., Тимошенко Н. К. и др.]; под ред. Н. К. Тимошенко. – М.: ВНИИМП РАСХН, 2000. – 600 с.

2. Determining parameters of electromagnetic radiation for energoinformational disinfection of wool in its pretreatment / N. Kosulina, A. Cherenkov, E. Pirotti, S. Moroz, M. Chorna // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – № 2/5 (86). – P. 52–59.

3. Визначення параметрів гідродинамічного випромінювача звукових коливань / В. В. Семенець, О. Г. Аврунін, Л. Н. Михайлова та ін. // Збірник наукових праць. ХНУРЕ, Радіотехника. – 2019. Вип. 196. – С. 167–179.

4. Черенков А.Д. Плоский гидродинамический излучатель в устройствах мойки шерсти / А. Д. Черенков, Н. Г. Косулина // Енергетика та комп’ютерно-інтегровані технології в АПК. – 2016. – №1 (4). – С. 62–67.

НОВІ РІШЕННЯ ДЛЯ ПОРТАТИВНИХ СПІРОМЕТРІВ

Куліченко В.В.[1)], Махонін М.В.[1)], Шаповалов С.В.[2)]
[1)] Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, 61002, м. Харків, вул. Кирпичова 2, E-mail: Viacheslav.Kulichenko@khpi.edu.ua
[2)] Університет Деусто, Іспанія, 48007, м Більбао, пр. Університети, 24

На сьогоднішній день у світі сформувався такий напрям електроніки як гаджети, це портативні електронні пристрої призначені для полегшення і удосконалення життя людей. До складу більшості гаджетів обов'язково входить мікроконтролер який забезпечує функціонування всього пристрою згідно з закладеним програмним забезпеченням, яке може бути змінено, для покращення роботи. Серед таких функцій, о крім виконання прямого призначення, також постають задачі підвищення енергоефективності та створення зручного інтерфейсу керування. Із-за великої конкуренції на постійно зростаючому ринку гаджетів, розробники постійно вдосконалюють процес роботи електронних пристроїв, за допомогою таких функцій як оновлення програмного забезпечення через повітря. Такий підхід забезпечує постійне виправлення помилок в програмному забезпечені, оптимізацію роботи та введення додаткового функціоналу.

Частка ринку гаджетів має напрям на контроль фізіологічних показників людини або нормований вплив для їх покращення, що створює конкуренцію для електронних пристроїв медичного призначення. В такій ситуації розробники медичного приладобудування вимушені також доєднатися до тренду розробки портативних приладів. Слід зазначити, що в порівнянні з гаджетами до медичних приладів висуваються особливі вимоги, насамперед, в надійності роботи та виключення ненормованого впливу на пацієнта.

Одним з перших портативних електронних медичних приладів були спірометри – це пристрої для дослідження функцій зовнішнього дихання людини, що дозволяє виявляти такі захворювання як хронічний бронхіт, бронхіальна астма, емфізема легень і інші. Використовують спірометри як при складних функціональних дослідження так і при проведені скринінгових обстежень населення, тому прилад повинен мати малі масо-габаритні показники, тривалий час роботи та зручний і інтуїтивний інтерфейс керування.

Основною складовою портативного спірометра є датчик виміру потоку повітря, що видихає пацієнт. Принцип роботи датчика базується на перетворені потоку повітря в імпульсну послідовність за допомогою турбіни в якій розташована пластина, що обертається зі швидкістю пропорційній величині витрати повітря. Обертаючись пластина створює заваду для світлового потоку який проходить між інфрачервоним випромінювачем та фотоприймачем. Для забезпечення формування імпульсної послідовності з

малими інтервалами часу наростання і спадання додатково використовується компаратор, який порівнює заданий рівень опорного сигналу з сигналом, що надходить з фотоприймача. Подальшу обробку імпульсної послідовності в значення відповідних медичних показників здійснює мікроконтролер на підставі спеціального алгоритму. Визначені параметри відображаються на дисплеї приладу та зберігаються в пам'яті спірометра.

Одними з найбільших споживачів електричної енергії в спірометрі є датчик виміру потоку повітря і дисплей як елементи, що перетворюють електричну енергію в світловий потік (на даний час їх коефіцієнт корисної дії не перевищує 25 %), та мікроконтролер, споживана енергія котрого визначає кількістю задіяних модулів та частотою його роботи. А отже одним з напрямків підвищення ефективності роботи мають скласти саме ці блоки спірометра.

Зазвичай оптична система датчика потоку повітря налаштована таким чином, щоб виключити можливі вплив світла, яке формується з зовні. Такий підхід потребує використання більше електричної енергії для створення світлового потоку, що значно перевищує можливий потік із зовні. Нами запропоновано новий підхід в формуванні оптичного потоку на підставі величини зовнішнього освітлення з регулюванням як величини світлового потоку датчика так і регулювання рівня опорної напруги компаратора формувача імпульсів. Розроблена математична модель яка дозволяє на підставі автоматичного виміру зовнішнього освітлення підібрати оптимальні параметри датчика.

В якості мікроконтролера обрано сучасний ARM контролер з широкою можливістю регулювання тактової частоти і підключення необхідних блоків в режимі реального часу. Це дозволяє піднімати продуктивність блоку обчислення тільки на час розрахунку параметрів зовнішнього дихання, знижувати в режимі проведення тесту та перегляду результатів, та переходити до режиму низького енергоспоживання в умовах не використання приладу.

Останнім часом все більше портативних приладів отримують функцію передання даних до смартфону, які можуть як відображати отриману інформацію, так і здійснювати віддалений контроль за портативним пристроєм. В такому випадку доцільно забезпечити спірометр прийом-передавачем з інтерфейсом Bluetooth. Окрім того таке підключення дозволяє не тільки працювати з спірометром в режимі віддаленого підключення, але і оновляти програмне забезпечення з максимальною зручністю для користувачів.

ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ПЕРСОНАЛУ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРИ ІНФОРМАЦІЙНОМУ ВПЛИВІ НВЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ

Ляшенко Г. А., Полянова Н. В.
Харківський Національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, Харків, вул. Алчевських, 44, tte_nniekt@ukr.net

Інформаційний вплив низькоенергетичного НВЧ-випромінювання на операторів технічних систем приводить до змінення функціонального стану їх центральної нервової системи (ЦНС). В цьому зв'язку однією з основних задач, які вирішуються при проектуванні медичних дослідницьких комплексів для вивчення впливу інформаційних електромагнітних випромінювань (ЕМВ) на операторів, є визначення критерію об'єктивної діагностики функціонального стану ЦНС, який обумовлює якість їх діяльності.

Завдання дослідження полягає в уточненні оцінки дії інформаційного НВЧ випромінювання на людину-оператора систем управління технічними об'єктами.

На теперішній час одним з основних методів вивчення біологічних процесів є фізіологічний контроль. При цьому інформація про стан людини наведена у вигляді набору значень параметрів (компонент) електричних сигналів, які характеризують фізіологічні параметри систем організму. Ці значення можуть бути визначені як координати багатомірного вектору в просторі, координатні вісі якого відповідають розглянутим компонентам електричного сигналу. Враховуючи, що вплив НВЧ-випромінювання чинить, насамперед, вплив на центральну нервову систему, для оцінки цього впливу доцільно застосовувати змінення показників електроенцефалограм (ЕЕГ).

При аналізі ЕЕГ особливу увагу приділяють дослідженню ритмів-компонент, які є фізіологічними характеристиками функціонального стану мозку. Емоційна напруга, яка пов'язана з розумовою діяльністю, характеризується зміненням α і β ритмів ЕЕГ.

Відомо, що α-активність енцефалограми головного мозку людини змінюється в діапазоні 8 ... 13 Гц.

Згідно теоретичним уявленням, величина прихованого часу реакції оператора τ^* визначається часовими характеристиками спеціальним чином організованої нейронної активності (середній період спайкової активності і мода міжспайкового інтервалу всередині пачок), які в свою чергу визначають середні періоди α-ритму і биття (α-веретен) в ЕЕГ людини. При цьому латентний час простої сенсомоторної реакції залежить, зокрема, від часу формування в центральних структурах мозку нейрофізіологічного рисунку пускового сигналу, реакції вибору, а також часу розпізнавання потрібного сигналу з кількох очікуваних. А. Н. Лєбєдєвим і В. А. Луцьким було отримане

рівняння, яке передбачає залежність латентного періоду реакції вибору від кількості сигналів в алфавіті B, кількості відповідаючих дій k, частоти α-ритму f_α, частотної рефрактерності ϑ:

$$\tau^* = \frac{3}{2f_\alpha} + \frac{1}{2f_\alpha^2\vartheta} + \\ + \left[\left(1 - \frac{1 - f_\alpha\vartheta}{B}\right)^2 + \left(1 - \frac{1 - f_\alpha\vartheta}{k}\right)^2\right]. \quad (1)$$

Теоретично показано, що τ^* залежить від сталої часу переробки інформації оператором (T-величини, яка дорівнює відношенню обсягу інформації, який зберігається в пам'яті, до її секундного змінення). Багаторазові експериментальні дані показують, що між T і f_α має місце наступна залежність:

$$T = T_0 - f_\alpha \cdot \Theta \ , \quad (2)$$

де T_0 = 0,464 с; Θ = 0,03 с^2 .

Висновки. Співвідношення (2) дозволяє на основі отриманих в експериментах значень змінення α-ритму, знайти величину T, яка характеризує швидкість переробки інформації оператором, не використовуючи які-небудь дослідні дані з переробки інформації пам'яттю. Таким чином, на основі отриманих даних про змінення частоти α-ритму ЕЕГ оператора можна опосередковано судити про витрати його нервово-психологічного потенціалу, що може вказувати на можливе погіршення показників діяльності. Дана обставина дозволяє на основі застосування спеціалізованих медичних дослідницьких систем вивчити вплив низькоенергетичних ЕМВ на функціональний стан і показники діяльності операторів систем управління з метою уточнення і доповнення діючих норм опромінення.

Список літератури

1. Лысина Г. Г. Профессиональная патология при воздействии электромагнитной энергии сверхвысокой частоты / Г. Г. Лысина, К. В. Никонова // К.: Здоров'я, 1986. – 96 с.

2. Ляшенко Г. А. Оценка влияния низкоэнергетических излучений на операторов специальных РЕС / Г. А. Ляшенко // Механіка та машинобудування, 1998. – №1. – С. 129–131.

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ

Ляшенко Г. А., Полянова Н. В.
Харківський Національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, Харків, вул. Алчевських, 44, tte_nniekt@ukr.net

Одним з найбільш перспективних неінвазивних методів візуалізації внутрішніх органів і тканин людини є ультразвукова ехографія. Широкі функціональні можливості ультразвукової апаратури дозволяють істотно підвищити якість діагностики і попередити на ранній стадії розвитку такі соціально значущі захворювання, як онкологічні та серцево-судинні. На даний час широке поширення в практиці медичних закладів знайшли апарати одновимірного обстеження за А-методом (типу ЕОС-12, ЕОС-22, ЕЗЗ-01 та ін.), які застосовуються в неврології та нейрохірургії, офтальмології, акушерстві. Апарати одновимірного обстеження за М-методом ефективно використовуються в кардіології для аналізу динаміки серцевої діяльності. На сьогодні ультразвукове діагностичне та терапевтичне обладнання, за даними експертів з Великобританії, займає 25% світового ринку медичних технологій. При оцінці характеристик ультразвукового діагностичного приладу слід віддавати перевагу тим приладам, які мають більш високу якість зображення при дослідженні. Основні переваги УЗД: універсальність; інформативність; мобільність; швидкість виконання; неінвазивний (нетравматичний) характер методу; відсутність променевого навантаження; низька вартість дослідження; можливість повторення поліпозиційного дослідження.

Недоліки інформативних можливостей діагностичних апаратів:

– обмежений діапазон відтворюваних на екрані приладу ехо-сигналів;

– послаблення УЗ променю зі збільшенням товщини тканини;

– не використовується корекція на апаратну функцію;

– як правило, відсутні засоби вторинної обробки зображення з метою підвищення його якості та виділення додаткових інформативних ознак.

На шляху реалізації нових методів і технологій лежать обмеження і проблеми, що перешкоджають їх впровадженню. Обмеження пов’язані з відомими біофізичними закономірностями і явищами, які ставлять принципові межі використання багатьох із запропонованих методів. Одна з проблем – прояв нелінійних ефектів, який призводить до деякого погіршення якості зображення в певному діапазоні глибин внаслідок того, що головний пелюсток діаграми випромінювання стає ширше, а бічні пелюстки збільшуються. Зростання бічних пелюстків пояснюється тим, що рівень сигналу по головному пелюстку з глибиною зменшується швидше, ніж по бічних пелюстках за рахунок перетворення частини енергії в головному пелюстку з

основної частоти на інші гармоніки. Коротко методи вдосконалення УЗ систем діагностики зводяться до наступних:

- оптимізація приймального тракту і обробки;
- оптимізація представлення зображень;
- когерентне накопичення та обробка ехо-сигналів;
- оцінка спектра;
- застосування спеціальних сигналів;
- нееквідистантність в пучкових сигналах;
- збільшення фокальної зони і багатофокусність;
- розвиток доплерівських режимів;
- спеціальні види апертур та огляду;
- нееквідистантні решітки;
- багатопроменевість;
- вдосконалення технології датчиків;
- широкополосність;
- багаточастотність;
- двовимірні решітки;
- використання нелінійності середовища;
- застосування контрастних речовин;
- оцінка фізичних характеристик біологічних тканин;
- адаптивна обробка;
- використання спеціальних програм обробки зображень, результатів вимірювань.

Висновок. Перераховані недоліки діагностичних систем і шляхи їх усунення вказаними методами визначають напрямки вдосконалення розробки сучасної апаратури і впровадження нових стартапів проектів систем УЗ діагностики.

Список літератури

1. Акопян Б. В. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами / Б. В. Акопян, Ю. А. Ершов // Под ред. докт. техн. наук, проф. С. И. Щукина. – Акустика в мировой практике, 2004. – № 6. – 37 с.

2. Терещенко М. Ф. Дослідження параметрів впливу ультразвукового сигналу на біологічні структури / М. Ф. Терещенко, А. В. Кирилова // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування, 2011. – Вип. 2011 (№ 41). – С. 152–161.

АНАЛІЗ ДЕФОРМАЦІЙ МАТЕРІАЛІВ І КІСТОК В ГОМІЛКОВОСТОПНОМУ СУГЛОБІ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ІМПЛАНТІВ

Микитка Б.І.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна, 03056, м. Київ, проспект Перемоги, 37, mykytkab@gmail.com

Найпоширенішими причинами протезування гомілковостопного суглоба є дегенеративно-дистрофічні та запальні захворювання. До них відносять такі захворювання, як первинний остеоартроз, ревматичний артрит, псоріатичний артрит, анкілозуючий спондиліт, посттравматичні наслідки (переломи, пошкодження зв'язок), хвороба Марі-Штрюмпеля та інші [1]. Приблизно 1% дорослого населення страждає болісним остеоартрозом гомілковостопного суглоба, а також до 1% дорослого населення (у 2,5 рази частіше у жінок) мають ревматоїдний артрит, що робить ці хвороби основними причинами ендопротезування [2, 3].

Багато лікарень почали використовувати комп’ютерну томографію та магнітно-резонансну томографію не тільки для діагностичних цілей, а й для планування хірургічного втручання з підходом до кожного пацієнта, використовуючи отримані зображення для планування та візуалізації [4].

Для хірургічної реконструкції суглобів доступні різноманітні матеріали. Ідеальний матеріал для імплантації повинен бути біосумісним, нетоксичним, не канцерогенним, непірогенним та неалергенним. Ключові властивості включають міцність, довговічність та стійкість до втоми. Матеріал повинен мати пластичність, щоб забезпечити постійну міцність після того, як він буде адаптований до поверхні кістки. Доступними для використання матеріалами є хромосплави кобальту, титан і титанові сплави, піролітичний вуглець, термопласти та біокераміка [5].

Тривимірний друк металу займає унікальні позиції в сучасній розробці продуктів. Це дозволяє безпосередньо виготовляти складні деталі кінцевого використання та полегшує оснащення традиційних технологій виробництва, зменшуючи витрати та час виконання. Ця технологія також відома як пряме лазерне спікання металів (ПЛСМ) та селективне лазерне плавлення (СЛП). СЛП нагріває металевий порошок до повного його розплавлення в рідину. ПЛСМ нагріває частинки настільки, що їх поверхні зварюються між собою. Оскільки металевий порошок він не плавить, ПЛСМ працює з металевими сплавами (металевими сумішами), тоді як СЛП найкраще працює з чистими металами [6].

В даній роботі для визначення як дані матеріалу імплантів впливають на властивості ендопротезу і на взаємодію із кістками створена модель за допомогою програм: 3D Slicer, SolidWorks і COMSOL Multiphysics. Перша

із них використовувалась для створення моделей кісток реального пацієнта (жінка, 51 рік). Після цього були створені імпланти великої гомілкової кістки та частини таранної кістки в програмі SolidWorks. Створені моделі були завантажені в середовище COMSOL Multiphysics, в якому було проведено аналіз деформацій імпланту та кісток в місцях контактів.

При екстремальних навантаженнях такі матеріали, як титановий сплав Ti_6Al_4V, титановий сплав 1-го класу нелегований, тантал, сплав титану і танталу, нітинол показують відмінні результати. При даних умовах деформація кісток є однаковою незалежно від використовуваного матеріалу, а саме 0,13 мм для імпланта великої гомілкової кістки і 0,125мм дла імпланта таранної кістки. Для уникнення подальшого руйнування кістки після протезування, необхідний рівномірний розподіл навантаження на зріз кістки, що залежить від розміру імпланта. Для удосконалення імплантів гомілковостопного суглоба шляхом математичного моделювання визначено, що досліджувані матеріали однаково добре реагують на навантаження і не спричиняють додаткових пошкоджень.

Список літератури

1. Total Ankle Replacement. Indications, Implant Designs, and Results [Electronic resource] / Alexej Barg, Matthias D Wimmer, Martin Wiewiorski, etc. // Deutsches Ärzteblatt International. – 2015 March 13. – Режим доступу: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4390826/#R2.

2. Comparison of health-related quality of life between patients with end-stage ankle and hip arthrosis [Electronic resource] / Mark Glazebrook, Tim Daniels, Alastair Younger, C J Foote, Murray Penner, Kevin Wing, Johnny Lau, Ross Leighton, Michael Dunbar // J Bone Joint Surg Am.. – 2008 March. – Режим доступу: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18310699/.

3. Prevalence of rheumatoid arthritis in the United States adult population in healthcare claims databases, 2004–2014 [Electronic resource] / Theresa M. Hunter, Natalie N. Boytsov, Xiang Zhang, Krista Schroeder, Kaleb Michaud, Andre B. Araujo // Rheumatology International. – 2017 April 28. – Режим доступу: https://link.springer.com/article/10.1007/s00296-017-3726-1.

4. How Medical 3D Printing is Gaining Ground in Top Hospitals [Electronic resource] / Todd Pietila // Materialise Medical blog. – 2019 June 11. – Режим доступу: https://www.materialise.com/en/blog/3D-printing-hospitals.

5. Implantable Materials Update [Electronic resource] / Katherine E Dux // Clinics in Podiatric Medicine and Surgery. – 2019 July 27. – Режим доступу: https://europepmc.org/article/med/31466565.

6. Direct Metal Laser Sintering (DMLS) – Simply Explained [Electronic resource] / Gordon Jones // All3DP's Content Academy. – 2019 April 13. – Режим доступу: https://all3dp.com/2/direct-metal-laser-sintering-dmls-simply-explained/ .

ОБҐРУНТУВАННЯ СВІТЛОПРИЙМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ БІОМЕДИЧНОГО СПЕКТРОФОТОМЕТРУ

Мікаелян М.Р.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Україна, 03056, м.Київ-56, проспект Перемоги, 37

Спектрофотометрія використовується для вимірювання спектрів пропускання або відбиття випромінювання при взаємодії з біологічним об’єктом (БО), на основі яких можна зробити висновок про його фізіологічний стан [1]. Вона дає можливість застосування методики аналітичної, токсикологічної хімії, клінічної лабораторної діагностики та біохімії. Біохімічні спектрофотометричні методики клінічної лабораторної діагностики використовують з метою кількісного визначення специфічних білків та ферментів в біологічних середовищах. Сучасні спектрофотометри надають широкі можливості для визначення різних матеріалів, контролю якості, аналізу станів. Крім реєстрації спектрів в стаціонарному і кінетичному режимі підтримуються також різні можливості математичної обробки спектрів, їх порівняння, побудови за спектрами градуювальних кривих, визначення концентрацій при однокомпонентному і багатокомпонентному аналізі [2].

Основними компонентами спектрофотометру є джерело випромінювання, монохроматор та приймальна система. Крім того, може також використовуватись концентратор у вигляді інтегруючої сфери [3] або еліпсоїдального рефлектору [4,5]. Дані елементи можуть бути використанні як перед досліджуваним об’єктом, так і після. В першому випадку вони забезпечують концентрацію випромінювання на об’єкті, а в другому – концентрацію випромінювання після взаємодії з БО на фотоприймачі. Важливим чинником при побудові спектрофотометрів медичного призначення є вибір фотоприймача, оскільки значна частина випромінювання, що проходить через біологічний об’єкт, поглинається та відбивається.

В даній роботі було проведено аналіз фотоприймачів, які використовуються в сучасних світлоприймальних системах біомедичних спектрофотометрів. Вони можуть базуватись на фоторезисторі або фотоелектронному помножувачі.

Принцип роботи фоторезистору базується на реакції світочутливої поверхні, що спричиняється падаючим випромінюванням. При цьому змінюється його опір, що залежить від інтенсивності освітленості. Величина опору при цьому може впасти до декількох Ом. Швидкодія фоторезисторів незначна, тому їх використовують тільки на низьких частотах. За матеріалами виготовлення фоторезистори діляться на два види: з внутрішнім фотоефектом та з зовнішнім фотоефектом.

Фотоелектронний помножувач (ФЕП) посилює в помножувальні системі в результаті вторинної електронної емісії падаючий оптичний сигнал. Ця властивість є корисною при використанні таких елементів в світлоприймальному каналі біомедичного спектрофотометру, оскільки падаючі сигнали є досить слабкими.

Метою даної роботи є підвищення ефективності та реєстрації слабких оптичних та біомедичних сигналів.

В результаті аналізу літератури, запропоновано наступну елементну базу світлоприймального каналу. В якості фотоприймача використано датчик освітленості GY-49 MAX44009 I2C. Для обробки та відображення результатів вимірювання запропоновано використати контролер Arduino Nano v3.0 та дисплей HY-1.8 SPI TFT v2, які можна підключити напряму один до одного. Датчик світла GY-49 MAX44009 має необхідний діапазон чутливості(діапазон від 0.045 до 188000 люкс і діапазон цифрової обробки 22 біт), а також має вихід відразу в цифровому форматі по протоколу 12C, таким чином легше узгодити датчик та мікроконтролер.

На основі обраної елементної бази та додаткових електронних компонентів створено прототип світлоприймального каналу, який може використовуватись в біомедичних спектрофотометрах з інтегруючою сферою або еліпсоїдальними рефлекторами, а також дасть змогу реєструвати слабкі оптичні сигнали та виділяти шумовий сигнал.

Список літератури

1. Спектрофотометр. Види і робота. Пристосування та особливості [Електронний ресурс] https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/spektrofotometr/.

2. Використання спектрофотометрії УФ-, видимого и ближнього ІЧ-діапазону у судовій медицині та криміналістиці [Електронний ресурс] https://center-bereg.ru/f1766.html.

3. Тучин В. В. Оптична біомедицинська діагностика / В. В. Тучин. – Москва: Фізматліт, 2007. Т.1. С. 560. Т.2. С. 368.

4. Angular Photometry of Biological Tissue by Ellipsoidal Reflector Method/ M.A. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, A.V. Ventsuryk, and K.P. Vonsevych, *Devices and Methods of Measurements*, vol.10, no. 2, pp. 160–168, 2019.

5. Control of optical clearing of biological tissue by ellipsoidal reflectors method / M.A. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, and A.I. Nagornyi, *Microsystems. Electronics and Acoustics,* vol.24, no.2, pp. 6 – 13, 2019.

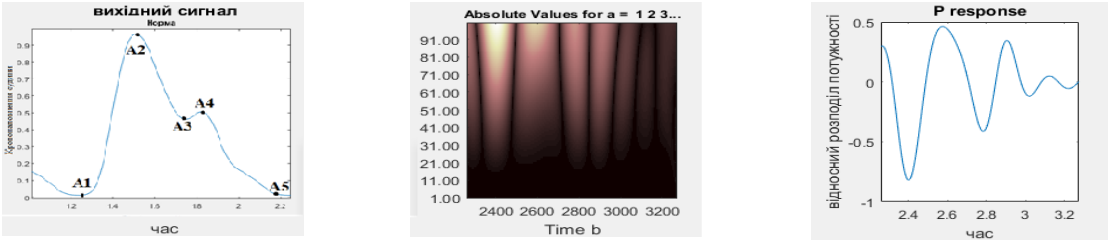
ВИЯВЛЕННЯ ХВОРОБ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ШЛЯХОМ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛІЗУ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАМ

Мневець А.В., Іванушкіна Н. Г., Іванько К.О.
Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 03056 Україна, Київ, вул. Політехнічна 16, корп.12, к.423, E-mail: amnevec-ee22@lll.kpi.ua, n.ivanushkina@gmail.com, koondoo@gmail.com

Фотоплетизмографія(ФПГ), на сьогодні є найзручнішим, та найшвидшим методом динамічного дослідження кровонаповнення судин, та інших параметрів судинної системи. Головною перевагою методу є те, що ФПГ дає комплексну оцінку сердцево-судинної, та дихальної системи.

Основний принцип ФПГ, базується на зміні кількості крові, яка проходить по судині під час систоли, за рахунок еластичності судинних стінок. Зміна об'єму вимірювальної ділянки, реєструється, як зміна інтенсивності світла, за законом Бургера-Ламберта-Бера.

За достатньої якості фільтрації від завад, з форми сигналу можна судити про наявність певних серцево – судинних захворювань, таких як цукровий діабет, аортальна недостатність, вегетосудинна дистонія, аритмія, гіпертонія, тощо [1]. Для аналізу основних патологій, було сформовано моделі з наявними патологіями в сигналі, для виявлення ознак хвороб, які можуть призводити до цих патологій, та розробки методів автоматичного виявлення даних патологій.



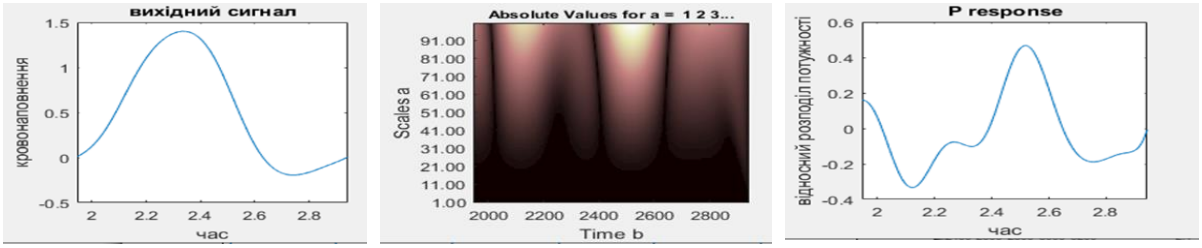
а) б) в)

Рисунок 1 – а) пульсова хвиля в нормі; б) скейлограма вихідного сигналу; в) розподіл середньої потужності коефіцієнтів

В нормі, пульсова хвиля, яку отримують під час реєстрації ФПГ має форму, як на рис.1, а, де: А1-А2 – анакрота (зміна об'єму під час систоли), А2-А5 – катакрота (зменшення кровонаповнення судини), А3- інцизура (зворотній тік крові), А4 – дикротична хвиля (початок діастоли) [2].

При неперервному вейвлет-аналізі ФПГ в нормі рис. 1, б, отримали, що скейлограма має досить велику кількість локальних максмумів, що впливає на графік середньої потужності (рис.1,в), який нагадує затухаюче

коливання, що є результатом багаторазового відбиття пульсової хвилі від еластичних стінок судини [3].



а) б) в)

Рисунок 2 – *а)* ФПГ з наявністю хвороби «аортальна недостатність»; б) скейлограма сигналу з патологією; в) розподіл потужності коефіцієнтів

При аналізі ФПГ (рис. 2, а), маємо відсутність дикротичної хвилі, це проявляється в відсутності коливального характеру розподілу потужності коефіцієнтів (рис. 2, в), що говорить про значне зменшення еластичності судини, також спостерігається великий серцевий викид (рис. 2, б).

Була розрахована сума модулів значень середньої потужності (рис. 1,в, 2,в), значення яких наведено в табл. 1. Маємо, що розраховані значення зменшуються зі зменшенням еластичності судин при відповідних патологіях. Коливальний характер наявний лише при відсутності патології.

Таблиця 1 – Кількісні та якісні ознаки вейвлет аналізу ФПГ

Патологія	Сума модулів значень середньої потужності	Наявність коливального процесу
Відсутня	806.63	є
Аортальна недостатність	530.11	немає
Атеросклероз	246.46	немає

Висновки. Зазвичай пульсову хвилю аналізують в часовій області. При вейвлет аналізі, отримали характерні кількісні, та якісні показники, які явно характеризують стан судинної системи, і можуть свідчити про наявність певних патологій, що є проявом зміни еластичності судин.

Список літератури

1. Allen J. Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement./ J. Allen // Physiological Measurement. – 2007. – Vol. 28, No. 3. – P. R1–R39.

2. Chia-Hung Lin. Assesment of bilateral photoplethysmography for lower limb peripheral vascular occlusive disease // Computer Methods and Programs in Biomedicine. – 2011. – Vol. 103, No. 3. – P. 121–131.

3. Смоленцев Н.К. Основи теорії вейвлетів. Вейвлети в MATLAB / Н.К. Смоленцев - М.: ДМК Пресс, 2005. – 304 с.

АНАЛІЗ ТИПІВ СТЕТОСКОПІВ ДЛЯ ЗВУКІВ ЛЕГЕНЬ

Молід Ю.С., Порєва Г.С.
Національний технічний університет України
«Київський Політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
03056 Україна, Київ, вул. Політехнічна 16, корп.12, к.423,
molidyul@gmail.com, porevanna@gmail.com

В сучасному світі захворювання органів дихання людини займають одну з провідних місць. Особливо актуальним це стало у зв'язку зі світовою ситуацією щодо епідемії COVID-19, де у людини страждають, насамперед, легені. Своєчасна діагностика захворювань легень, особливо на початку захворювання, може суттєво зменшити навантаження лікарень та збільшити ефективність подальшого лікування. З огляду на це важливим є те, щоб кожний лікар мав під рукою сучасний, зручний та точний прилад для аускультації легень, які можуть забезпечити реєстрацію, накопичення та первинну обробку інформації. В даному досліджені був проведений аналіз різних типів електронних стетоскопів, їх параметрів та характеристик. Особливу увагу було зосереджено на стетоскопах, що мають найбільш широке застосування та більш оптимальні характеристики.

Cardionics – стетоскоп, що складається з 8 фільтрів, що забезпечують ослаблення або посилення 8 різних смуг частот. Частотна характеристика обирається між звуками серця та звуками дихання (від 100-240Гц (-3дБ) та від 45 до 900Гц (-20дБ) для тонів серця, а також від 125 до 350 Гц (-3 дБ) та від 50-2000Гц (-20дБ) для звуків дихання. Тип датчику, що використовується в даній моделі - датчик тиску з електричним мікрофонним елементом. Серед плюсів даного стетоскопу – наявність системи доповнення, яка дозволяє робити ЕКГ [1].

Технологія електронного стетоскопа JABES Life складається переважно з аналогового підсилювача, який може посилювати звуки тіла до 20 разів. Стетоскоп пропонує різні режими аускультації: дзвін (менш піднята увігнута сторона в стетоскопі, розроблена таким чином, щоб вловлювати звуки низької частоти (звуки Короткова, кров'яний тиск, серцеві шуми)) - 20 - 200 Гц, мембрана (рівна поверхня в стетоскопі призначена для прослуховування звуків більш високої частоти (звуки дихання та серця)) - 200-500 Гц, розширений режим- 20-800 Гц. Кожен режим має 7 рівнів регулювання гучності. Мінімальний рівень звуку – 6 дБ, максимальний рівень звуку – 26 дБ. Тип датчику, що використовується, – конденсаторний мікрофон [1].

Електронний стетоскоп 3M Littmann 3100 має такі діапазони частот та реалізовані фільтри, як режим дзвона (20-200 Гц), режим мембрани (100-500 Гц) і розширений режим (20-1000 Гц). Стетоскоп пропонує технологію шумопоглинання з підсиленням звуку до 24 разів, що дозволяє уникнути небажаного фонового звуку до 85%. Стетоскоп має невеликий чутливий

акустичний датчик. До недоліків можна віднести те, що передача та відображення звуків вимагає додаткового часу та інвестицій лікаря, що проводить аускультацію [1,2].

EKO Core оснащений технологією активного шумопоглинання, яка допомагає зменшити фоновий шум. Частотний діапазон досить широкий: 20Гц-2кГц. Лікар також може переключатися між традиційним аналоговим обстеженням на серцеві та легеневі звуки завдяки 40-кратному посиленню. Аналогово-цифровий перемикач дозволяє використовувати стетоскоп - навіть коли він вимкнений. Однак цей стетоскоп є одним із найдорожчих стетоскопів на ринку [2].

STG – стетоскоп з електретним мікрофоном оснащений адаптером, який додає електронний датчик до акустичної трубки. Дозволяє слухати та одночасно записувати серцеві або легеневі звуки. Частотний діапазон: від 50Гц до 2000Гц .

Таким чином, в роботі було розглянуто різні типи стетоскопів від різних виробників. Кожен з них має як свої плюси так і деякі мінуси. Однак одними з головних критеріїв для стетоскопа - це достатньо висока точність виміру та широкий частотний діапазон без спотворень. Серед розглянутих приладів технології, які використані в стетоскопах EKO Core та 3M Littmann 3100, можна вважати найбільш перспективними для подальшого удосконалення з метою розроблення ще більш зручного та універсального пристрою для реєстрації звуків легень або серця людини.

Список літератури

1. Andrès E. Advances and Perspectives in the Field of Auscultation, with a Special Focus on the Contribution of New Intelligent Communicating Stethoscope Systems in Clinical Practice, in Teaching and Telemedicine / E. Andrès [Electronic resource], 2012.

2. Ranking the best stethoscopes of 2020 [Electronic resource] : Rankings - https://cpoe.org/stethoscopes/.

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ОБРОБКИ ФОТОМЕТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Паламарчук Я.С., Безугла Н.В.
Національный технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Україна, 03056, м. Київ, проспект Перемоги, 37

Характер розсіяного випромінювання здоровими та патологічно зміненими біологічними тканинами різний і пояснюється відмінностями оптичних параметрів, що можуть бути представлені у вигляді числових та графічних даних. Крім того, при початковому аналізі може бути використана оцінка плями розсіяння випромінювання досліджуваними тканинами [1]. Так, наприклад, аналіз плями розсіяння використовується для оцінки стану дерми при утворені рубців авторами [2-3]. Оскільки рубцева тканина складається з паралельно орієнтованих колагенових волокон, лазерне світло розсіюється в напрямку, перпендикулярному цим волокнам, викликаючи подовжену пляму розсіювання. У нормальній дермі волокна колагену мають хаотичну організацію і розсіювання світла відбувається в усіх напрямках, отже, в результаті отримується кругла пляма розсіювання. Також, аналіз плями розсіяння світла використовується для виявлення відмінностей в архітектурі волокна через деградацію, що викликана деформацією в артеріальній тканині [4].

Подальша оцінка отриманих плям розсіяння проводилась за допомогою комп'ютерного аналізатора зображень [2-3], що може базуватись на визначені градієнтів пікселів за допомогою розроблених плагінів [4]. Даний аналіз спрямований на визначення розмірів та форми плями розсіяння.

Метою даної роботи є створення принципів аналізу, алгоритмів та програмного забезпечення для графічного та кількісного аналізу фотометричних зображень плями розсіяння.

Запропонована комп'ютерно-інтегрована система дає змогу оцінити як все зображення в цілому, так і за характерними перетинами, де освітленість плями розсіяння візуально найбільше відрізняється [1]. Фотометричне зображення конвертується в текстовий файл, кожна цифра якого відображає яскравість пікселя. Система дозволяє здійснювати порівняльний аналіз декількох зображень, а також виділяти середню лінію за методом перетинів. Результат виводиться у вигляді трьох (двох для перетину) вимірних графіків та значень загальної інтенсивності отриманих фотометричних зображень плями розсіяння. Отриманий просторовий розподіл характеризує яскравість кожної точки зображення в залежності від координати *x* та *y*.

Для апробації запропонованої системи аналізу методом фотометрії на основі еліпсоїдальних рефлекторів, принцип роботи якого наведено в роботах авторів [5-6], отримано серію фотометричних зображень. За дослідні

зразки обрано прототип рубцевої тканини, отриманий шляхом підпалу сала свині від 15 до 55 секунд з кроком у 5 с. Ділянка підпалу відповідала діаметру вхідного отвору еліпсоїдального рефлектору.

Отримані фотометричні зображення проаналізовано за допомогою методики, описаної в [1] та програмних продуктів Gnuplot та Iris, а також за допомогою запропонованої системи аналізу. Відхилення між отриманими відносними результатами становить не більше 2%, що свідчить про адекватність роботи системи.

Використання запропонованої системи спрощує отримання графічних та кількісних результатів, що можуть бути використані для аналізу структурних змін у тканині.

Список літератури

1. Безугла Н. В. Особливості анізотропії світлорозсіяння волокнистими біологічними тканинами / Н. В. Безугла, М. О. Безуглий, Г. С. Тимчик. // Вісник НТУУ «КПІ» серія приладобудування. – 2015. – № 50.

2. Reduced wound contraction and scar formation in punch biopsy wounds. Native collagen dermal substitutes. A clinical study / H.j.C. de Vries, I.E. Zeegelaar, E. Middelkoop et al // British Journal of Dermatology. – 1995. – № 132. – pp. 690–697.

3. Dermal Organization in Scleroderma: The Fast Fourier Transform and the Laser Scatter Method Objectify Fibrosis in Nonlesional as well as Lesional Skin / H. J.C. de Vries, D.N.H. Enomoto, J. van Marle et al. // Laboratory Investigation. – 2000.– vol. 80. – pp. 1281–1289.

4. Gaul R.T. The use of small angle light scattering in assessing strain induced collagen degradation in arterial tissue ex vivo Journal of Biomechanics / R.T. Gaul, D.R. Nolan, C. Lally, 2018.

5. Angular Photometry of Biological Tissue by Ellipsoidal Reflector Method / M.A. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, A.V. Ventsuryk, K.P. Vonsevych // Devices and Methods of Measurements – 2019. – № 2. – pp. 160–168.

6. Bezuglyi M.A. Determination the tissue anisotropy factor during the photometry by ellipsoidal reflectors / M.A. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, D.V. Horban // KPI Science News. – 2019. – № 4. – pp. 62 – 70.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗВИТИЯ ИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Поворознюк А. И., Поворознюк О. А., Шехна Х.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, ул. Кирпичева 2, Украина, 61002, E-mail: ai.povoroznjuk@gmail.com

Введение. Д. Бернулли был первым, кто применил дифференциальное исчисление для моделирования развития инфекционных заболеваний в своей статье о вакцинации против оспы (1760). Классической считается модель Кермак–Макендрика, предложенная в 1927 г. [1], которая описывает только одну вспышка эпидемии, после некоторого момента времени графики не изменяются. Поэтому разработаны модели с учетом периодической повторяемости эпидемий, популяционного иммунитета и снижение вирулентности возбудителя [2]. Рассмотрены ограничения и сферы применения моделей.

Если рассматривать процесс развития эпидемии в виде «черного ящика», то модель строится по экспериментальным данным, которые в этом случае представляют временной ряд. Актуальной задачей анализа является выявление основной тенденции изменения показателя (тренда), его аналитическое описание и прогнозирования временного ряда на краткосрочный и долгосрочный период [3].

Целью работы является разработка модели и прогнозирования эпидемологического процесса с целью принятия адекватных решений по организации, реализации и управления силами и средствами противодействия.

Моделирование процесса развития эпидемии. В качестве анализируемых временных рядов используется мониторинг заболеваемости сифилисом в Украине с 1980 по 2018 (данные представлены Институтом дерматологии и венерологии АМН Украины). Для решения поставленных задач был выбран пакет прикладных программ MATLAB. Выполнены следующие этапы обработки:

– восстановление пропущенных данных методом полиномиальной интерполяции;

– сглаживание значений временных рядов, которое выполняется с целью уменьшения случайных воздействий на общую тенденцию развития ряда. Было проведено сглаживание рядов методами, скользящего среднего, взвешенного скользящего среднего, экспоненциальное сглаживание. Лучший результат получен при применении взвешенного скользящего среднего с апертурой 5 точек, у которого весовые коэффициенты определяются по треугольником Паскаля;

– автокорреляционная анализ, который показал, что на данном периоде мониторинга отсутствует периодическая составляющая.

– выделение трендов и прогноз.

Рассмотрим временной ряд $y_1(t)$ – все формы сифилиса. Построим математическую модель тренда временного ряда. Для этого рассмотрим 3 фазы развития: начальная фаза (1980-1993р.) фаза вспышки (1994-2001р.) фаза затухания (2002-2018р.).

Наилучшие результаты аппроксимации полученные:

– *в начальной фазе* – полиномиальным метод при использовании полинома 5-й степени.

$$Y_н(t') = 0{,}6278\ t'^5 - 17{,}841\ t'^4 + 194{,}53\ t'^3 - 950{,}28\ t'^2 + 1355{,}9\ t' + 6268{,}8,$$

где t' – относительное время $t' = t - 1980$;

– *для фазы вспышки* – полиномиальным метод при использовании полинома 3-й степени.

$$Y_c(t') = 254{,}6\ t'^3 - 5666{,}2\ t'^2 + 32437\ t' + 11578,$$

где $t' = t - 1994$;

– *для фазы затухания* – экспоненциальный тренд, который используется также для прогноза на 5 и 10 лет.

$$Y_з(t') = 37825e^{-0{,}1685\ t'},$$

где $t' = t - 2002$.

Все модели имеют высокую точность аппроксимации (остаточная дисперсия ошибки не превышает 0,5%).

Но такая высокая точность аппроксимации (и соответственно точность прогноза) действительна в том случае, когда повторная вспышка эпидемии на период прогноза мало вероятна. Если реальные данные начнут отклоняться от прогноза (увеличатся хотя бы до 10000 случаев в год, то можно фиксировать новую волну эпидемиологического процесса и использовать для прогноза модель начальной фазы развития.

Выводы. В результате выполнения работы решено актуальную научно-техническую задачу построения системы прогноза инфекционных заболеваний на основе анализа временных рядов. Разработанные математические модели и их программная реализация могут быть использованы для анализа других типов эпидемиологических процессов.

Список литературы

1. Демьянов Ю. С. Применение математических методов и ЭВМ в биологии / Ю. С. Демьянов, Ф. Ф. Литвин. – М.: Изд-во МГУ, 1981 – 135 с.

2. Колесин И. Д. Математическая модель саморегулируемой паразитарной системы / И. Д. Колесин // Биофизика. – 1993. – Т. 38, № 5. – С. 892-894.

3. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов / Т. Андерсон. – М.: Мир, 1976. – 757с.

МЕТОД ТЕСТУВАННЯ НОСОВОГО ДИХАННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ПОТЕНЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СПОРТСМЕНІВ

Прісич О.Ю., Грохова Г. П., Аврунін О.Г.
Харківський національний університет радіоелектроніки, 61166, м. Харків, пр. Науки, 14. E-mail: olena.prisych@nure.ua

В роботі розглядаються можливості тестування носового дихання у спортсменів при різних типах фізичних навантажень в динаміці. Планується за показниками пневматичної потужності дихання визначати потенційні можливості спортсменів та корисність комплексів тренувальних вправ для підвищення ефективності результатів. Дослідження можуть використовуватися в сучасній спортивній і реабілітаційній медицини, та при тестуванні потенційних можливостей спортсменів здійснювати фізичні навантаження.

Ключові слова: носове дихання, риноманометрія, фізичні навантаження, пневматична потужність

Вступ. Заняття спортом сприяють відмінній фізичній формі, зняттю стресу соціалізації, дисципліні, почуттям змагальності та задоволеності від особистих досягнень [1]. Здатність людини виконувати фізичну активність, головним чином, визначається отриманням кисню з повітря при диханні [2,3]. З літературних даних відомо, що пневматична потужність дихання людини складає близько 18-20 відсотків від потужності м'язів [2]. При чому, найбільш фізіологічним вважається носове дихання [4, 5].

Тому, **метою роботи** є визначення моменту часу та відповідної пневматичної потужності дихання, при яких для подальшого виконанні фізичного навантаження спортсмен переходить на ротове дихання.

Для проведення тестування дихання у спортсменів використовуються методи задньої активної риноманометрії та інспіраторної спірометрії на основі розробленого в ХНУРЕ комп'ютерного риноманометра КРМ на основі блока визначення перепадно-витратних характеристик ПРХ.

Функціональна діагностика стану верхніх дихальних шляхів є складним процесом, незважаючи на велику кількість розроблених методів тестування дихання. Спортсмен, в більшості випадків, відчуває порушення носового дихання тільки в форсованому режимі – під час фізичних вправ. Це особливо важливо для видів спорту, коли у людини починають позначатися обмеження щодо проходження необхідного обсягу кисню через верхні дихальні шляху в легені. При цьому спортсмен переходить на ротовий режим дихання.

З точки зору фізіології цікаво досліджувати режим повітряного потоку в носовій порожнині в динаміці під час інтенсивного вдиху, що забезпечує максимальну подачу кисню в легені. Також, в процесі проходження повітря через верхні дихальні шляхи при диханні необхідно визначити межу переходу із ламінарного до турбулентного режиму течії. Останній режим

характеризується квадратичною залежністю перепаду тиску від витрати повітря, що приводить до різкого зростання перепаду тиску при непропорційно повільному збільшенні витрати повітря. Швидкий перехід до квадратичної залежності перепаду тиску від витрати повітря відповідає особам з обструктивними порушеннями носового дихання, що призводить до необхідності переходу на нефізіологічне дихання ротом при, навіть, незначних фізичних навантаженнях.

Висновки. Практична реалізація методу оцінки режиму течії повітря в носової порожнини при форсованому диханні за риноманометрічними даними показала, що доцільно ввести показники, які характеризують аеродинамічний опір верхніх дихальних шляхів, пневматичну потужність та основний режим течії повітря в носовій порожнині та досліджувати циклограми дихання пацієнтів в динаміці. Необхідно також розробляти методи тестування дихання у спортсменів та досліджувати, як впливають комплекси тренувальних вправ на потенційні можливості забезпечення нормального фізіологічного дихання при фізичних навантаженнях. Отримані дані можуть використовуватися в сучасній спортивній і реабілітаційній медицини, та при тестуванні потенційних можливостей спортсменів здійснювати фізичні навантаження.

Список літератури

1. Грохова Г. П. Мотиви щодо самостійних занять студентів фізичною рекреацією / Г. П. Грохова, Прісич О.Ю. // Сучасні тенденції спрямовані на збереження здоров’я людини: збірник наукових праць. – Харків, 2020. – Випуск 1. – С. 177–179.

2. Прісич О. Ю. Особливості дихання під час фізичних навантажень в різноманітних видах спорту / О. Ю. Прісич, А. П. Грохова // Матеріали 19-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об’єктів». – Кременчук. – 2020. – С. 34–36.

3. Сучасні інтелектуальні технології функціональної медичної діагностики / Аврунін О.Г., Бодянський Є.В., Калашник М.В. та ін. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 248 с.

4. Аврунин О. Г. Методы и средства функциональной диагностики внешнего дыхания / О. Г. Аврунин, Р. С. Томашевский, Х. И. Фарук. – Харьков: ХНАДУ, 2015. – 208 с.

5. Інформаційні технології підтримки прийняття рішень при визначенні порушень носового дихання: монографія / О.Г.Аврунін, Є.В. Бодянський, В.В. Семенець та ін. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 125 с.

ВИЯВЛЕННЯ ЕПІЗОДІВ АПНОЕ СНУ МЕТОДАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

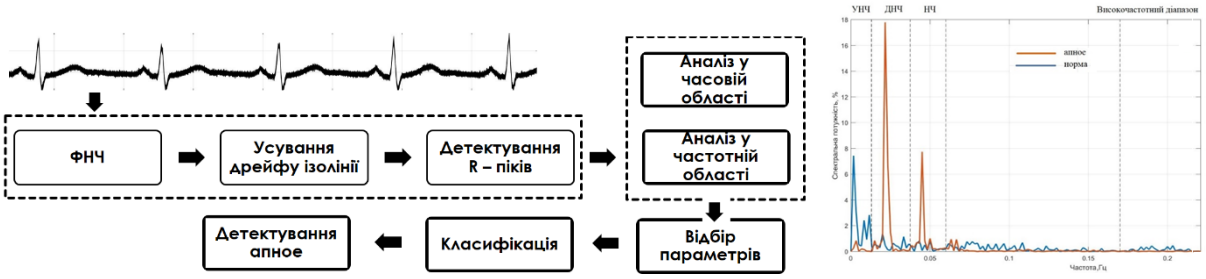
Рихальська А.К., Іванько К.О., Іванушкіна Н.Г.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Україна, 03056, м. Київ, проспект Перемоги, 37,
ann.rihalska@icloud.com, koondoo@gmail.com, n.ivanushkina@gmail.com

Апное сну – це зупинка легеневої вентиляції уві сні більше ніж на 10 секунд, яка у складних випадках може досягати 2-3 хвилин і займати 60% загального часу сну. Обструктивне апное є поширеною патологією з високою частотою тяжких ускладнень. У багатьох людей із синдромом обструктивного апное сну спостерігається гіпертонія під час сну, що збільшує ризик серцевих захворювань. Чим складніша стадія захворювання, тим вищий ризик розвитку ішемічної хвороби серця, інфаркту, серцевої недостатності, інсульту, серцевої аритмії. Хвороби серця та синдром обструктивного апное сну разом можуть призвести до раптової смерті від серцевого нападу.

Ряд досліджень довів можливість виявлення апное сну за допомогою ознак, отриманих на основі електрокардіограми (ЕКГ) [1-2]. ЕКГ містить інформацію щодо електричної активності серця, а також центральної вегетативної регуляції ритму серця і дихання. Серцевий ритм є індикатором гемодинамічних, метаболічних і інших відхилень від норми. Варіабельність серцевого ритму є результатом парасимпатичних імпульсів, які сповільнюють частоту серцевих скорочень, і симпатичних імпульсів, які прискорюють ритм серця. Дослідження варіабельності ритму серця має велике значення для діагностики і прогнозування апное сну.

Для оцінки ефективності методів виявлення апное на основі аналізу ЕКГ було використано базу *Apnea-ECG database* ресурса *PhysioNet* [1]. Набір даних містить одноканальні сигнали ЕКГ тривалістю приблизно 8 годин кожний, зареєстрованих з частотою дискретизації 100 Гц та роздільною здатністю 12-біт. Кожна хвилина сигналів анотована і вказує на наявність або відсутність апное протягом цього часу. Для оцінки ефективності методу для виявлення епізодів апное сну за допомогою машинного навчання, сигнали ЕКГ було розділено на 80 епох тривалістю 10 хвилин з наявністю апное і 73 епохи тривалістю 10 хвилин, що відповідають звичайному сну. Запропонований алгоритм для розпізнавання епізодів апное наведено на рис. 1,а. Для машинного навчання було відібрано основні показники варіабельності ритму серця у часовій та частотних областях. Так, у часовій області визначено моду N-N інтервалів, інтерквартильний діапазон, індекс дихальної модуляції, амплітуду моди, індекс напруженості регуляторних систем, індекс вегетативної рівноваги. У частотній знайдено нормовані значення спектральної густини потужності у діапазонах 0.15-0.4 Гц, 0.04-0.15 Гц, 0.015-

0.04 Гц, 0- 0,003 Гц. На рис. 1,б зображено нормовану спектральну густину для сигналу норми та при апное. Можна спостерігати значну різницю в діапазоні дуже низьких частот, де при апное видно значний сплеск потужності порівняно з нормою.



а) б)

Рисунок 1 – а) алгоритм для розпізнавання епізодів апное сну; б) нормована спектральна густина потужності кардіоритмограм в нормі та при апное сну

За результатами, наведеними у табл. 1, можемо виділити два найбільш точних класифікатори – це метод k - найближчих сусідів з точністю 95,6%, ансамблеві класифікатори: метод випадкового лісу – 96,3%. Також необхідно зазначити, що загальна точність класифікації після відбору ознак значно покращилась.

Таблиця 1 – Точність роботи класифікаторів (%)

Назва класифікатора	**16 ознак**	**12 ознак**
Алгоритм k-найближчих сусідів	93,1	95,6
Метод випадкового лісу	96,3	94,4
Лінійний дискримінантний аналіз	95,6	93,8
Метод опорних векторів	90,6	92,5
Ансамблі дерев рішень	87,5	90,6

Висновки. На етапі формування інформативних ознак з розрахованих 16 параметрів у часовій та частотній областях за гістограмами розподілу було відібрано 12. Найкраща точність класифікації була досягнута методом k - найближчих сусідів – 95,6 %.

Список літератури

1. Hassan A.R. A comparative study of various classifiers for automated sleep apnea screening based on single-lead ECG. / Hassan A.R. // *ICEEE*. – 2015. – pp. 45–48.

2. The apnea – ECG database / Penzel T. et al. // Computers in Cardiology 2000: proceedings. – Cambridge, MA (USA), 2000. – P. 255–258.

АВТОМАТИЗОВАННИЙ МАГНІТОТЕРАПЕВТИЧНИЙ АПАРАТ

Рогожніков Р. А., Терещенко М.Ф.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Україна м. Київ, пр-т Перемоги, 37, E-mail: pb-rra@hotmail.com

Серед величезного спектра фізіотерапевтичних методів лікування все більше розповсюдження отримує магнітотерапія. Магнітне поле (МП) стимулює відновленню роботи нервової системи, поліпшує загальне самопочуття, підвищує місцевий і загальний імунітет, нормалізує травлення; налагоджує роботу органів дихання [1].

Актуальним є питання побудову автоматизованого магнітотерапевтичного апарату (АМТА), при якому контролюється процес проведення магнітотерапії та синхронізуються значення параметрів МП з реакцією організму людини на даний фізіотерапевтичний метод, що дає змогу підтримувати або корегувати його вплив.

Метою дослідження є розробка нових принципів побудови апаратів з біологічним зворотнім зв'язком.

В якості прототипу використовувався модернізований апарату «МІТ-11А» з більш ефективною структурою, автоматизованим принципом роботи та системою підтримки реальних значень постійної та змінної складових магнітної індукції в індукторі та їх залежність від частоти. Основним методом контролю впливу магнітного поля на тканини, був взятий контроль температурних градієнтів [2]. На основі дослідження запропоновано нову структуру побудови автоматизованого магнітотерапевтичного апарату [3].

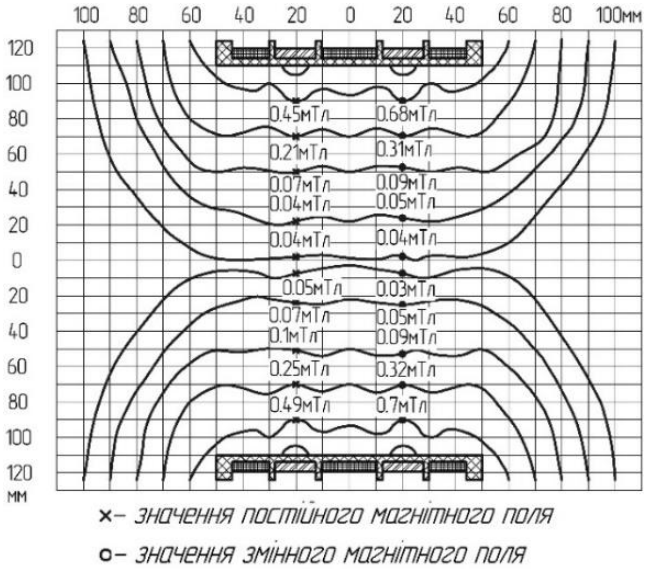


Рисунок 1 – Картина постійного та змінного магнітного поля індуктора «МІТ-11А»

Нами проведено дослідження з вимірювання еквіпотенціальних кривих на модернізованих індукторах апарату «МІТ-11А», що приведені на рис. 1 для постійної та змінної складових реального магнітного поля.

Встановлено, що найбільша інтенсивність магнітного поля спостерігається біля робочої поверхні індуктора та не перевищує 1 мТл, потім вона спадає з віддаленням від поверхні індуктора.

Процес ефективності впливу імпульсним магнітним полем на пацієнта контролюють шляхом заміру значень магнітної індукції на ділянці тіла пацієнта в зоні дії поля і значень часового і поверхневого градієнтів температури в цій зоні з початку процедури впливу і її закінчення [3]. На основі вище представленного способу розроблений новий принцип побудови АМТА, структуру представлено на рис. 2.

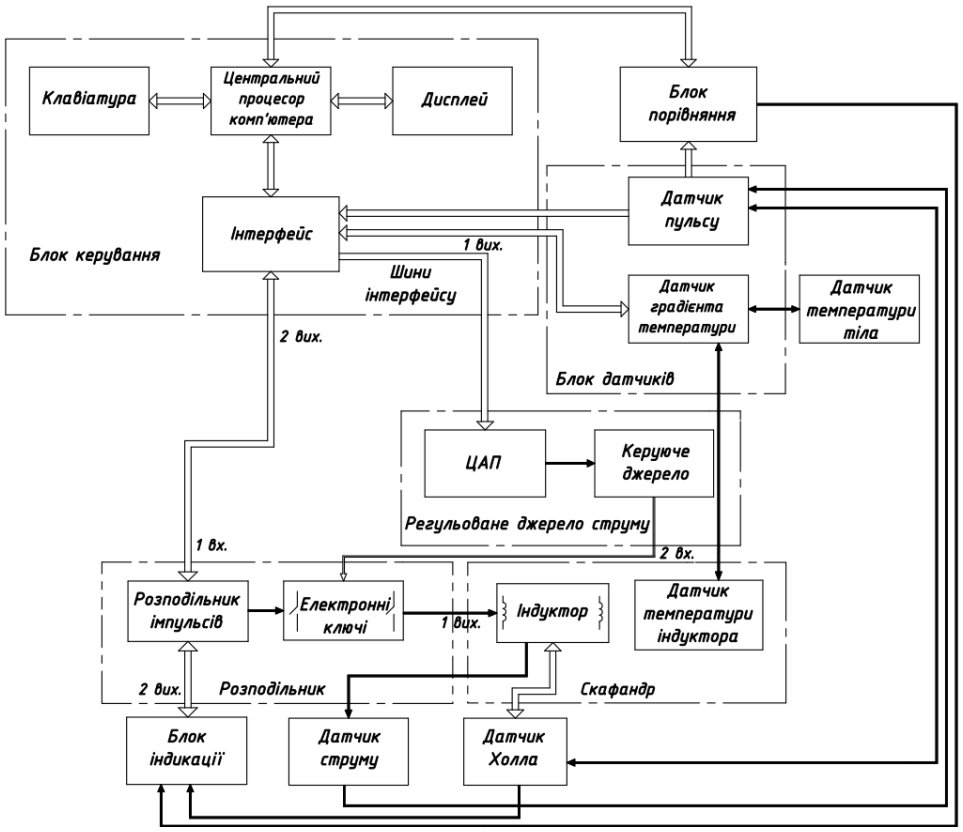


Рисунок 2 – Структурна схема автоматизованого магнітотерапевтичного апарату

Список літератури

1. Терещенко М.Ф.Біофізика: практикум / М.Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, І.О. Яковенко. –Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка»,2019. – 288 с.

2. The temperature method of control in a magnetotherapy / G.S. Tymchik, M.F. Tereshchenko,V.U. Rudyk // XIV PhD Workshop OWD 2012, Wisla. – P.318-324.

3. Високоточні джерела змінних магнітних полів: монографія / М. Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, В. Ю. Рудик, Т. О. Рудик; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 169 с.

АВТОМАТИЗОВАНА МЕДИЧНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ДОЗ ГАММА ВИПРОМІНЮВАННЯ

Рудий О.Д., Терещенко М.Ф.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Україна, м. Київ, пр. Перемоги, 37, alexeyrudoy1998@gmail.com

Найрозповсюдженішим методом отримання зображення внутрішніх органів, кісток та систем у світі є рентгенодіагностика. За допомогою мінімальному навантаженні пучка гамма променів отримується реальне тіньове зображення, та встановлюється точний діагноз пацієнта[1].

Під час роботи на рентгенодіагностичній апаратурі (РДА) потрібно обов'язково контролювати рівень іонізуючого випромінювання. Усі сучасні апарати рентгенотерапії та діагностики мають чітку систему встановлення вхідних даних: сили струму, напруги на аноді та часу відкриття діафрагми. Але враховуючи, що більшості встановленим апаратам РДА вже за 15років, потрібно постійно контролювати реальне значення доз опромінення. Для зменшення значення різниці теоретичного та практичного опромінення проводять калібрування високовольтного генератора мінімум раз на квартал. Для контролю рівня опромінення законом України з 2020 року передбачено обов'язкове встановлення приладів контролю експозиційної дози. Такими приладами є іонізаційні камери, що працюють як пропускні вікна, що зчитують усі гамма частинки що пройшли крізь неї.

Тому є актуальним проектування автоматизованого вимірювача доз на основі дозиметру переносного типу для встановлення на працюючі апарати РДА, що зможе не тільки робити заміри рівня опромінення для кожного пацієнта але й зупиняти РДА при перевищенні допустимого значення дози та повідомляти лаборантів[2].

Схема функціонування системи моніторингу експозиційної дози приведена на рис. 1.

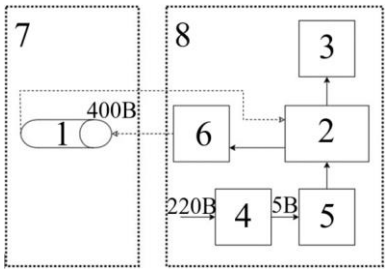


Рисунок 1 – Функціональна схема системи моніторингу експозиційної дози

Детектор СМБ-20 (1) знаходиться у рентген-кабінеті (7), та з'єднується екранованими кабелями (показано пунктирною лінією) з основними блоками, що знаходяться у пультовій (8). Контролер Arduino UNO (2)

живиться від акумулятора (5). Заряджає акумулятор блок живлення AC/DC (4), що перетворює 220В змінної напруги у 5В постійної.

За живлення детектору СМБ-20 відповідає підвищувач напруги (6), який підвищує робочу напругу до 400 В. За візуалізацію роботи приладу відповідає дисплей (3).

Алгоритм роботи програми опитування представлений на рисунку 2.



Рисунок 2 – Алгоритм програми

Після отримання реального значення ефективної дози його потрібно звірити з теоретичним. Ефективна доза E , що отримав пацієнт визначається з використанням співвідношення:

$$E=R\times I\times K, \text{ мкЗв}$$

де: R – радіаційний вихід рентгенівського випромінювача в мР•м^2/мА;
I – анодний струм рентгенівської трубки в мА;
K – дозовий коефіцієнт в мкЗв/(мР•м^2).

Список літератури

1. Терещенко Н. Ф. Влияние ионизирующего излучения на человека и его использование в медицине / Н. Ф. Терещенко, П. А. Усачев, Е. Ю. Григорьева // Оптико-электронные информационо-энергетичние технологии. – 2009. – Т. 17, № 1(1). – С. 154–159.

2. Рудий О.Д. Принципи моніторингу рівня експозиційної дози в рентгендіагностиці / О.Д. Рудий, М.Ф. Терещенко // Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ”, 13-14 травня 2020р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С.228–232.

МЕТОДЫ ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ МОРФОЛОГИИ МИКРООБЪЕКТОВ

Сокол Е.И.[1)], Колесник К.В.[1)], Бернадская Т.В.[1)], Панибратцева С.Г.[2)]
[1)]НТУ «Харьковский политехнический институт»
61002 Харьков, ул. Кирпичова, 2, E-mail: tatyana.bernadskaya@gmail.com
[2)]Харьковский областной медицинский колледж
61000 Харьков, проезд Стадионный, 10,
E-mail: Svitlana.Panibratseva@gmail.com

Развитие современной медицины невозможно без совершенствования методик лабораторной диагностики. Достижения в области цифровой электроники позволяют значительно улучшить многие технологические процессы, в том числе и в медицинских лабораторных исследованиях. Использование новейших методов и средств получения изображений позволяет определять изменения в морфологии микрообъектов, а применяя математическую обработку массива полученных геометрических параметров органоида, дает возможность описать динамику исследуемых процессов.

Целью данной работы является исследование возможности построения трехмерного изображения микрообъектов, в частности эритроцитов крови, для определения их морфологии с последующей оценкой функциональности данных клеток периферической крови.

Проведя детальный анализ существующих методов микроскопии, был выбран метод интерференционной голографии, разработана схема устройства для создания интерференционного изображения микрообъектов и на ее основе собран экспериментальный стенд [1].

В результате было получено два исходных снимка интерференционное изображение эритроцита и изображение многолучевой интерференции. Которые были зафиксированы цифровой камерой. что позволило получить цифровой массив данных [2]. Затем был разработан алгоритм обработки изображения, для реализации которого разработана программа на языке Python с использованием библиотек Numpy и Open CV [3]. Получены следующие изображения эритроцитов рис.1.

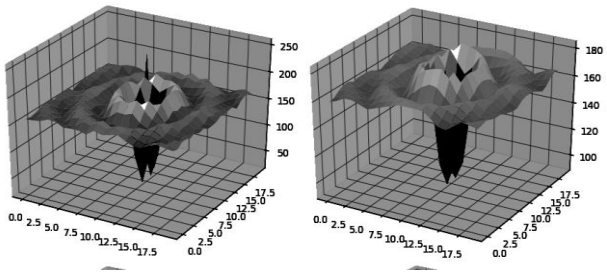


Рисунок 1 – Карта высот выделенной области одного эритроцита

Также построить трехмерную модель эритроцитов, можно применив программу визуализации по двумерным снимкам. Она работает под управлением ОС Windows, написана на языке C++. Для вывода 3D моделей

используется библиотека Direct X и графический ускоритель.

Входными данными являются снимки без образцов и с образцами в поле объектива, по которым построена карта плотности. Основной алгоритм, по карте плотностей синтезирует 3D сетку треугольников, используемую для аппроксимации поверхности, накладывает на нее выбранный пользователем градиент, закодированный в виде 1D-текстуры, в качестве текстурной координаты в развертке используется значение плотности. После чего, полученная поверхность растрируется при помощи графического ускорителя с выбранного пользователем угла наблюдения рис. 2.

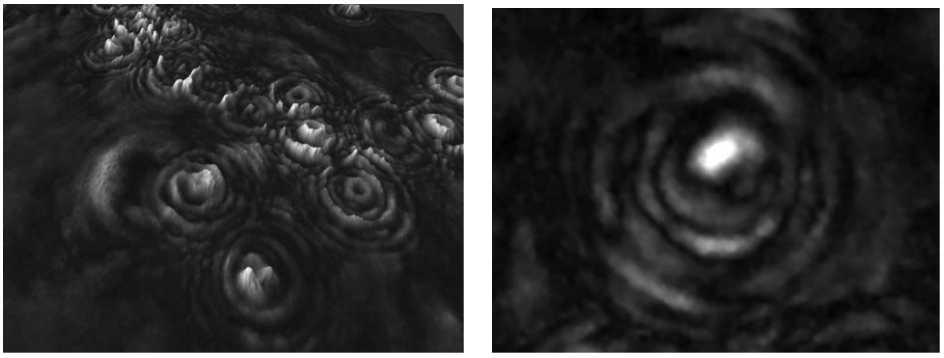


Рисунок 2 – Панорамный и одиночный снимки эритроцитов.

Программа работает в реальном масштабе времени, пользователь имеет возможность изменять настройки визуализации (градиент, угол наблюдения, масштаб и проекцию) в интерактивном режиме.

В настоящий момент ведутся работы по трехмерной визуализации органоидов крови путем получения их изображения на просвет с помощью когерентных источников излучения различных длин волн и определения оптической плотности по насыщенности цвета.

Таким образом, цифровая обработка сигналов интерференционного изображения эритроцитов позволяет восстановить их трехмерное изображение с высоким качеством передачи биомедицинской информации, что получить дополнительные диагностические признаки и повысить достоверность диагностики особенно сложных патологических изменений, вызванных патогенными процессами, включая вирусные инфекции.

Список литературы

1. Скворцов Г.Е. Микроскопы / Г.Е. Скворцов – Л.: Машиностроение, 1984. – 508 с.

2. Гужов В.И. Математические методы цифровой голографии: учеб. пособие / В.И. Гужов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – 60-70с.

3. Peck Michael. Interferometry mathematics, algorithms, and data / Peck Michael 2010.

БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ВРАЧА-ЭНДОКРИНОЛОГА

Сокол Е.И., Лапта С.С.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, ул. Кирпичева 2, Украина, 61002

Предлагается блок обработки клинической информации биотехнической системы (БТС), предназначенной для исследования факторов развития патологий системы регуляции углеводного обмена пациента для поддержки принятия диагностического решения врача-эндокринолога. Данная БТС имеет традиционную структуру, состоящую из биологических элементов (пациент и врач), типовых технических элементов и оригинального блока обработки клинической информации, объединенных в единую функциональную систему [1]. Работа этого блока основана на математическую модель глюкозоинсулинового метаболизма в виде системы двух дифференциальных уравнений 1-го порядка с запаздывающим аргументом [2].

“Гипергликемическим зажимом (hyperglycemic clamp)” называется современный внутривенный инфузионный тест толерантности к глюкозе, разработанный для выявления предиабета – латентной формы сахарного диабета 2-го типа (СД2). Этот тест позволяет исследовать основные факторы развития диабета: нарушения в секреции инсулина поджелудочной железой при СД 1-го типа (СД1) и в восприимчивости инсулина (инсулинорезистентности) тканями организма пациента при СД2. Он приобрел широкую популярность у эндокринологов в дальнем зарубежье в качестве так называемого “золотого стандарта“ исследования системы регуляции углеводного обмена [3].

Однако, техническая сложность в проведении и необходимость в наличии уникального оборудования, а также обременительность и небезопасность для пациента обусловили невозможность широкого клинического применения теста “гипергликемический зажим”.

Модель, которая является основой блока обработки клинической информации БТС, отображает состояние этой системы при любых возможных внешних воздействиях на нее. Эта модель и значения основных ее параметров, полученных при ее параметрической идентификации по клиническим данным пациента, инвариантны относительно вида нагрузочного теста, проведенного у него. Поэтому их значения являются объективными характеристиками системы регуляции углеводного обмена у пациента и могут быть использованы для диагностики ее состояния.

Целесообразно для построения индивидуализированной к пациенту модели системы регуляции углеводного обмена у него использовать клинические данные самого простого из глюкозотолерантных тестов – перорального теста

толерантности к глюкозе (ПТТГ) [4], проведенного у него. Затем на этой индивидуализированной к пациенту модели можно провести, в частности, компьютерно-модельный аналог “гипергликемического зажима” с получением всей объективной диагностической информации, свойственной этому тесту.

В качестве примера на рис. 1 даны в графическом виде результаты параметрической идентификации модели глюкозоинсулинового метаболизма по гликемическим и инсулинемическим клиническим данным ПТТГ. На рис. 2 приведены результаты проведения компьютерно-модельного виртуального аналога теста “гипергликемический зажим” на этой модели, идентифицированной по данным ПТТГ на рис. 1.

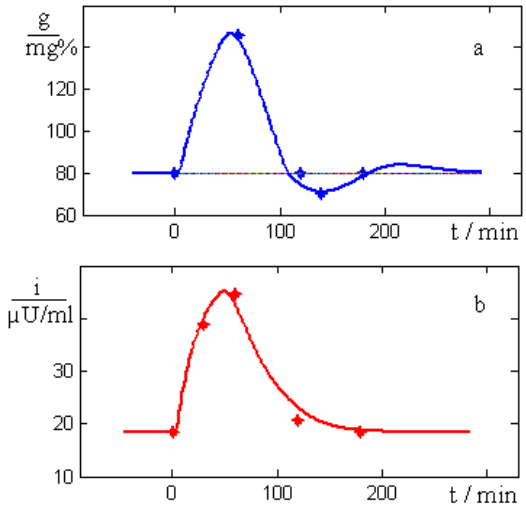


Рисунок 1 – Гликемические (a) и инсулинемические (b) модельные кривые, идентифицированные по клиническим данным ПТТГ, изображенных звездочкой *

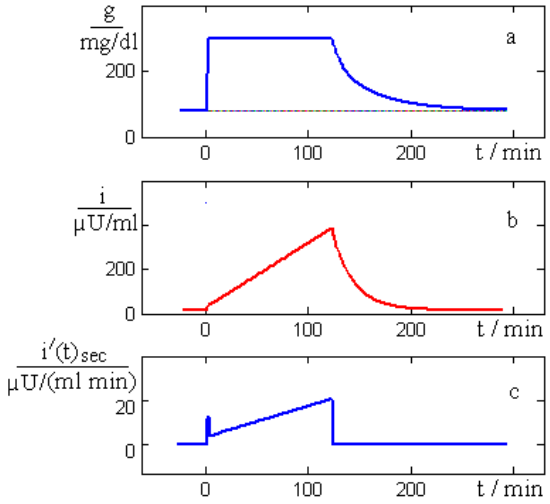


Рисунок 2 – Модельные кривые гликемии (a), инсулинемии (b) и интенсивности секреции инсулина (c) теста “гипергликемический зажим”.

Список литературы

1. Shhukin S. I. Biotechnical medical systems. Part 2. Analysis and synthesis of systems. 2nd ed. / S. I. Shhukin, Yu. A. Ershov. – Rev. and add. Moscow: Yurajt, 2019. – 346 p.

2. The model of the glycemic level self-regulation for extracting the information from the glucose tolerance tests data/ Sokol Y., Lapta S., Kolisnyk K., et al. // 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO) – 2019. – P. 390–393.

3. Hompesch M. An Analysis of How to Measure Glucose during Glucose Clamps: Are Glucose Meters Ready for Research? / M. Hompesch, K. Rave // Diabetes Sci. Technol. – 2008 . – Vol. 2, issue 5. – P. 896–898.

4. Clinical Laboratory Research Methods 8- ed. / V.S. Kamyshnikov. – M. : MEDpress-inform, 2016. – 736 p.

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ

Чорна М. О.
Харківський Національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, Харків, вул. Алчевських, 44, tte_nniekt@ukr.net

Відомо, що врожайність і якість сільськогосподарських культур залежить від насіннєвого матеріалу. Однак у зв'язку з порушеннями сівозміни, зараженням ґрунту фітопатогенами, зменшенням площ посіву, кондиційні властивості насіння і врожайність з кожним роком знижуються. Виникає необхідність застосування заходів щодо поліпшення посівних якостей насіння.

Традиційні технології підвищення врожайності, що застосовуються на сьогоднішній день в Україні, практично вичерпали свої можливості, а застосування зарубіжних часто недоцільно через суттєвої різниці в сировині, умовах експлуатації і сформовані традиції господарювання, високу вартість обладнання. У зв'язку з цим з'являється необхідність впровадження сучасних високоефективних методів обробки насіннєвого матеріалу.

Якість насіннєвого матеріалу у вирішальній мірі визначає якість і кількість одержуваного врожаю. Сільськогосподарське виробництво має до насіння певні вимоги, встановлені державними стандартами.

Виробництво насіння включає ряд заходів: післязбиральне зберігання, передпосівна обробка, знезараження, посів. На кожній стадії виробництва і зберігання на насіння можливий негативний вплив природно-кліматичних і господарських факторів, які знижують їх якість. При незадовільних умовах зберігання або вирощування, насіння втрачає природну схожість, заражається хворобами, пошкоджується комахами-шкідниками, травмується при механічній обробці.

Слід врахувати, що ефективність передпосівної обробки насіння в значній мірі залежить від тих умов, в які вони потрапляють. Найчастіше стимулюючі зростання і розвиток методи показують аналогічні результати при їх використанні в різних умовах, але рівень їх ефективності буде при цьому різним.

Фахівці сільськогосподарського виробництва та вчені постійно шукають засоби для підвищення посівних якостей насіння.

Найбільш ефективним, енергозберігаючим і рентабельним є спосіб обробки насіння інформаційних електромагнітним полем. Прими-ня низькоенергетичного випромінювання ЕМ енергії пов'язано з найменшими витратами енергії при максимальному впливі на інформаційні процеси життєдіяльності біооб’єктів [1-4].

Але ефективне використання низькоенергетичного ЕМП неможливо без розробки фізико-математичних моделей, що враховують параметри впливу ЕМП і діелектричні характеристики сільськогосподарських об'єктів в рослинництва і тваринництві, які в більшості випадків невідомі, особливо в міліметровому діапазоні довжин хвиль.

Застосування електромагнітних технологій може підвищити врожайність і якість насіння. При правильно підібраних біотропних параметрах обробки насіння ЕМП врожайність може збільшитися на 10 ... 15% [1].

Крім того, передпосівна обробка насіння в електромагнітному полі має знезаражуючий ефект і запобігає таким хворобам як іржа, карликовість і фомоз, які знижують врожайність до 10% [2].

Електромагнітна технологія передпосівної обробки насіння по ефективності вигідно відрізняється від інших способів. Для застосування інформаційного ЕМП з метою підвищення врожайності і якості сільськогосподарських культур необхідно теоретично визначити біотропні параметри опромінення насіння, а також розробити систему контролю за визначенням оптимальних параметрів ЕМП для передпосівної обробки насіння.

Список літератури

1. Чёрная М. А. Анализ проблем предпосевной обработки семян на основе электромагнитных технологий / М. А. Чёрная, Н. Г. Косулина // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України, 2013. – Вип. 141. – С. 93–95.

2. Determining parameters of electromagnetic radiation for energoinformational disinfection of wool in pretreatment / N. Kosulina, A. Cherenkov, E. Pirotti, et al. // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2017. – № 2/5 (86). – P. 52–59.

3. Analysis of the electromagnetic field of multilayered biological objects for their irradiation in a waveguide system /A. Cherenkov, M. Chorna, V. Popriadukhin et al. // Eastern-European Journal of Enterptise Technologies, 2017. – № 6/5 (90). – С. 58–65.

4. Чорна М. О. Використання інформаційних електромагнітних технологій в сільському господарстві / М. О. Чорна // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України, 2019. – Вип. 203. – С. 141–142.

ВИДІЛЕННЯ ІТЕРАЦІЙ ПУЛЬСОВИХ ХВИЛЬ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАМИ ДЛЯ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

Яковенко І.О., Вонсевич К.П., Комарова А.Д.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Україна, 03056, м. Київ, проспект Перемоги, 37, yakoovenko@gmail.com

На сьогоднішній день існує потреба надійного захисту особистих даних з використанням біометричних систем другого покоління, особливо це стосується автоматизованих систем діагностики та проведення лабораторних досліджень біологічного матеріалу, де на кожному етапі існує висока можливість втрати чи підміни інформації, що приведе до некоректного встановлення діагнозу, чи навіть фальсифікації для подальшого незаконного використання.

Друге покоління біометричних методів (електрокардіограма, енцефалограма, фотоплетизмограма) використовує анатомічну діяльність будь-якого органу людини, що супроводжується певними циклічними змінами (наприклад кровоносні судини зазнають значних змін під час проходження по ним крові, яке нагнітає серце). Такі зміні є обумовлені фізіологічними особливостями самого організму [1,2] та забезпечують найвищий ступінь захисту, але потребує більш точного програмного апарату для виділення та визначення спільних ознак.

В даній роботі для біометричної ідентифікації запропоновано використання фотоплетизмограми (ФПГ), яка представляє собою оптичний метод реєстрації зміни кров'яного об'єму ударами серця, шляхом проходження інфрачервоного або червоного випромінювання через живі тканини, що містить індивідуальну інформацію про певну персону (судинний тонус, стан периферичної гемодинаміки організму, сатурацію, частоту серцевих циклів).

Для біометричної ідентифікації особи за допомогою фотоплетизмограми часто застосовується електронно-програмна класифікація виміряних сигналів за допомогою різноманітних методів машинного навчання [3,4]. В класичному підході розпізнавання ФПГ-кривих передбачає знаходження однакових залежностей у формі пульсових хвиль [5]. Авторами було запропоновано альтернативний підхід до аналізу характеристик ФПГ-сигналу, який може бути використаний для подальшої біометричної ідентифікації особи методами машинного навчання. Проведено розрахунок часових (TDF) характеристик ФПГ-кривих на основі принципів, що застосовуються при дослідженні сигналів поверхневої електроміограми [6]. Як часові характеристики сигналу було використано: максимальне значення амплітуди (MAX), дисперсію (VAR), середнє абсолютне відхилення (MAD), амплітуду Уілсона (WAMP) і загальну суму значень амплітуди сигналу (SUM).

В результаті дослідження варіабельність показників TDF – характеристик, отриманих на різних часових інтервалах, відрізнялась для кожного окремого пацієнта. Однак, при цьому, параметри SUM та WAMP показали значно вищу мінливість значень у порівнянні з показниками MAX, VAR та MAD. Тобто величина показників стандартного відхилення SD та стандартної похибки SE для параметрів SUM і WAMP коливалась в межах: SD_{SUM} = ±895 до ±6086, SD_{WAMP} = ±0,7 до ±9,2 та SE_{SUM} = ±169 до ±1219, SE_{WAMP} = ±0,17 до ±1,74 для різних пацієнтів. Параметри MAX, VAR та MAD показали значно вищу стабільність показників на різних часових інтервалах, а стандартне відхилення і стандартна похибка складали: SD_{MAX} = ±5,5 до ±27,6, SD_{VAR} = ±472 до ±1349, SD_{MAD} = ±2,9 до ±10,6, SE_{MAX} = ±1 до ±8,1, SE_{VAR} = ±89 до ±255, SE_{MAD} = 0,55± до ±2,01, відповідно.

Отримані результати свідчать про те, що запропонований підхід до розрахунку окремих параметрів ФПГ-сигналу з метою подальшої їх класифікації методами машинного навчання може бути прийнятним рішенням для систем біометричної ідентифікації пацієнта.

Список літератури

1. Яковенко І. О. Улучшение надежности анализа электрокардиограмм для биометрической личной идентификации» / І. О. Яковенко, О. Д. Рудий, М. О. Турчина // Перспективные технологические и прилади. – 2019. – № 15. – С. 125–130.

2. Яковенко І. О. Биометрическая идентификация на основе фотоплетизмограмм для автоматизированных медицинских систем / І. О. Яковенко, В. І. Мартиненко // Перспективные технологические и прилади. – 2019. – № 15. – С. 120–124.

3. C. El-Hajj. A review of machine learning techniques in photoplethysmography for the non-invasive cuff-less measurement of blood pressure / C. El-Hajj, P. Kyriacou // Biomedical Signal Processing and Control. – 2020. – Vol. 58. – P. 101870.

4. Khalid S. Blood pressure estimation using photoplethysmography only: Comparison between different machine learning approaches / S. Khalid // J. Healthcare Eng. – 2018. – Vol. 2018. – P. 1–13.

5. Яковенко І.О. Метод виділення ітерацій пульсових хвиль фотоплетизмограми для біометричної ідентифікації / І.О. Яковенко, К.П. Вонсевич, І.Є. Гребень // Наукові вісті КПІ : міжнародний науковотехнічний журнал, 2020. – № 3. – С. 73–78,

6. Evaluation of electromyogram time characteristics of the wrist functional movements for intuitive control of bionic prosthesis / K. Vonsevych // Naukovi Visti NTUU KPI. – 2018.– № 1. – P. 45–53.

СЕКЦІЯ 3. ПРИЛАДИ І МЕТОДИ КОНТРОЛЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ РЕЧОВИН

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЙОГУРТУ

Григоренко С. М., Григоренко І. В., Андрусенко О. О.
НТУ «ХПІ», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002

Йогурт – це кисломолочний напій, що виробляється з пастеризованого, нормалізованого по масовій частці жиру й сухих речовин молока з додаванням або без додавання цукру, плодово-ягідних наповнювачів, ароматизаторів, вітаміну С, стабілізаторів, рослинного білка й поквашений заквaскою, приготовленої на чистих культурах молочнокислих стрептококів термофільних культур і болгарської палички. Залежно від застосовуваних смакових і ароматичних добавок йогурт випускають наступних видів: йогурт, йогурт солодкий, плодово-ягідний з вітаміном С, плодово-ягідний діабетичний [1].

В Україні якість йогурту регламентують ДСТУ [2,3]. Стандарт [2] поширюється на йогурти, які виробляють сквашуванням нормалізованого пастеризованого коров'ячого молока спеціальними заквасками й з застосуванням або без застосування харчових добавок або наповнювачів.

Якість йогурту напряму залежить від контролю параметрів технологічного процесу на кожному етапі виробництва, а це можливо лише завдяки створенню системи автоматизованого контролю, яка здатна отримувати інформацію від об’єкту контролю, порівнювати параметри з уставками та передавати отримані данні до електронно обчислювальної машини (ЕОМ) з метою подальшої статистичної обробки та накопичування. Сьогодні широко використовуються два способи виробництва йогурту: резервуарний і термостатний [4]. Резервуарний спосіб містить у собі такі етапи: регулювання жирності сировини, що надійшла; гомогенізація й термічна обробка; введення закваски й добавок; сквашування продукту; перемішування; витримка й фасування готової продукції. Виробництво термостатного йогурту відрізняється від розглянутого методу способом сквашування. У нормалізовану до потрібних параметрів молочну суміш додаються «живі» бактерії й фруктово-ягідна заквaска.

Розглянемо структурну схему системи контролю параметрів технологічного процесу виготовлення йогурту, що наведена на рис. 1.

До складу схеми входять: первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП): ПВП1, ПВП2, ПВП4, ПВП5, ПВП7, ПВП8 – призначені для контролю температури на різних етапах технологічного процесу; ПВП3 – призначений для виміру тиску у сепараторі-молокоочиснику, ПВП6 – призначений для контролю рівню pH при заквашуванні йогурту (він має свій датчик температури та АЦП, тому на його виході маємо цифровий код, який безпосередньо подається на мікроконтролер).

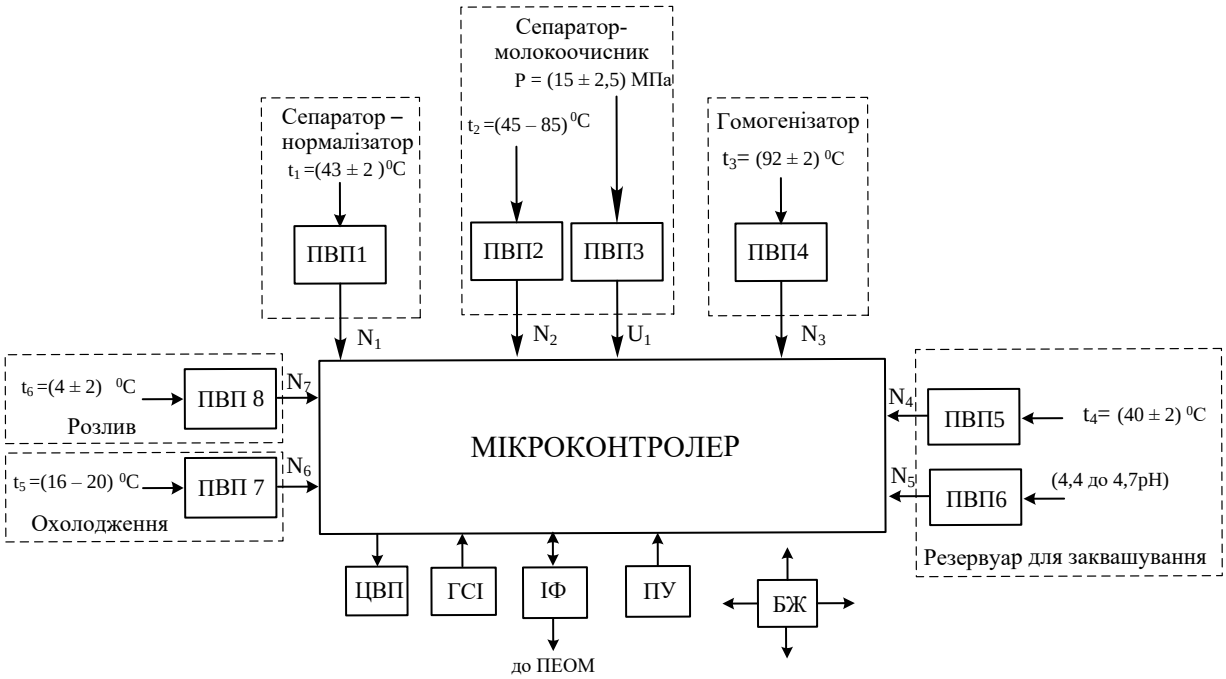


Рисунок 1 – Структурна схема системи контролю параметрів технологічного процесу виготовлення йогурту

Мікроконтролер (МК) необхідний для обробки вимірювальної інформації, керування даною інформацією, забезпечення обміну даними між окремими частинами схеми та зовнішніми пристроями, МК відображає інформацію на рідкокристалічному індикаторі та передає до персонального комп'ютера (ПЕОМ) по інтерфейсу. Генератор синхронізуючих імпульсів (ГСІ) виробляє синхроімпульси, які 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 системи контролю.

Список літератури

1. Виробництво йогурту. // https: // xreferat.com / 46 / 752-1-proizvodstvo – iyogurta – rezervuarnym – i – termostatnym – sposobami. html.

2. ДСТУ 4343:2004. Йогурти. Загальні технічні умови. – Офіц. вид – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 10 с.

3. ДСТУ ISO 707:2002. Молоко та молочні продукти. Настанови з відбирання проб.

4. Молочна індустрія. // https: // foodbay.com / wiki / molochnaja-industrija.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕДИЧНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВАГИ

Григоренко С. М., Григоренко І. В., Жук О. В., Красильник О. Г.
НТУ «ХПІ», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002

Контроль параметра ваги хворого є одним з основних способів контролю загального стану пацієнта, який проводиться з метою отримання комплексної оцінки стану його здоров'я та має велике значення для клінічної практики, зокрема, для медичної діагностики деяких захворювань: ожиріння, аліментарної дистрофії та ін. Визначення ваги проводиться на звичайних медичних вагах, однак якщо хворий відноситься до маломобільної групи, то виконання процедури визначення його ваги у такий спосіб неможливо. Хворі, які відносяться до маломобільної групи, можуть проходити зважування тільки в одній зручній для них позі – сидячи або лежачому положенні. Це накладає суттєві обмеження при використанні звичайних медичних ваг. Тому в якості вимірювального обладнання для цієї процедури необхідно використовувати спеціалізовані медичні ваги, які дозволяють вимірювати вагу хворого на лікарняному ліжку [1].

Для того, щоб провести зважування лежачого хворого обираємо схему установки ваговимірювального обладнання. Зупиняємо свій вибір на схемі медичних платформних ваг, оскільки необхідно враховувати не лише вагу хворого, але і вагу медичного ліжка. Така система дозволить визначити і відняти від загальної ваги вагу медичного ліжка, що дозволить визначити вагу хворого.

На сьогоднішній день в світі вже існують подібні системи вимірювання лежачого хворого і тому у створенні нової немає необхідності, однак, нова система вимірювання, яка описується в даній роботі, буде мати точність вимірювання вище ніж у інших аналогів. Підвищення точності вимірювання системи досягається за рахунок того, що в ній буде присутній зовсім інший алгоритм визначення ваги, який буде відкидати вагу хворого і вимірювати тільки його приріст, що, в свою чергу, дозволить отримати більш точні вихідні значення.

Процес визначення ваги буде наступним: медичний працівник розміщує лежачого хворого на медичних платформних вагах, які визначають вагу хворого і медичного ліжка, далі система відкидає вагу ліжка із первинною вагою пацієнта, а потім проводить вимірювання зміни ваги пацієнта в малому діапазоні.

Втрата ваги хворого може викликати різке погіршення його стану здоров'я і буде вимагати негайного втручання. У зв'язку з цим необхідно контролювати його вагу протягом усього часу його перебування в лікарні. Така система контролю ваги хворого повинна проводити динамічний тип вимірювання протягом всього періоду своєї роботи.

Структурна схема системи ваги хворого представлена на рис. 1.

При розміщенні хворого на медичному ліжку вага ліжка натискає на платформу яка встановлена на чотирьох датчиках: ПВП1 – ПВП4. Датчики закріплені по кутах платформи. Сигнал від ПВП у аналоговому вигляді подається на шину мікроконтролера.

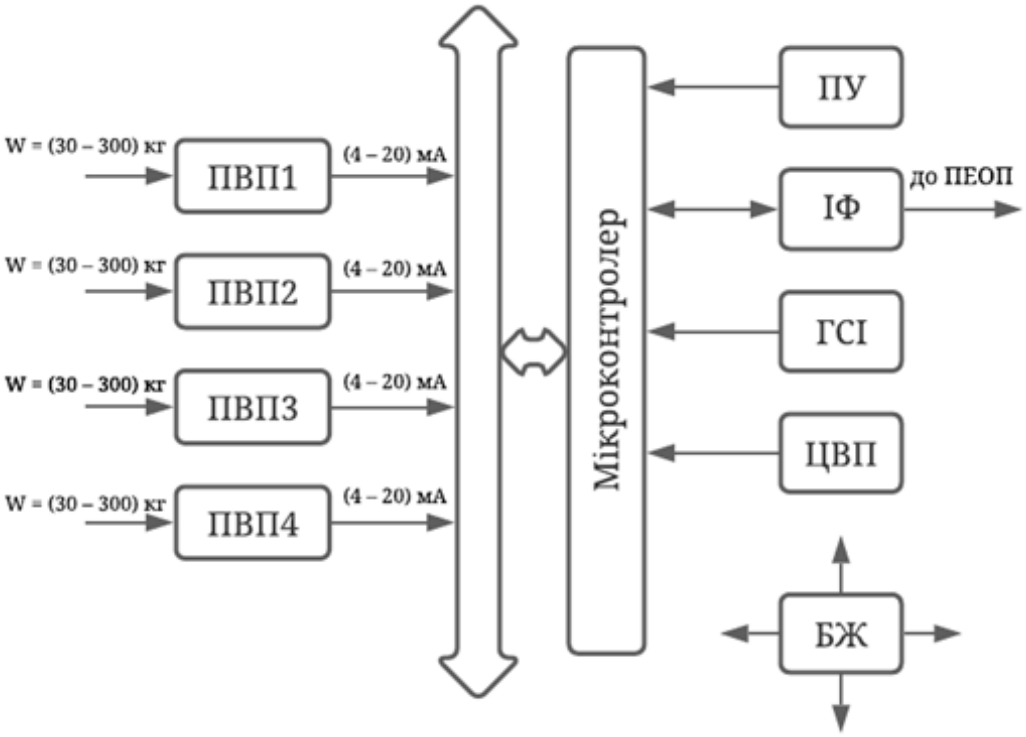


Рисунок 1 – Структурна схема системи контролю ваги хворого

До структурної схеми входять такі блоки: мікроконтролер (МК), необхідний для розрахунку поточного значення ваги хворого, порівняння значення з уставками, забезпечення обміну даними між окремими частинами схеми й зовнішніми пристроями та передачі значення для відображення на рідкокристалічному індикаторі; 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 персональним комп'ютером та програмування мікроконтролера; цифровий відліковий пристрій (ЦВП) необхідний для цифрового відображення інформації на екрані; блок живлення (БЖ) забезпечує необхідну напругу для роботи приладу.

Список літератури

1. Медична реабілітація: Підручник для студентів і лікарів / За заг. ред. В. Н. Сокрута, Н. І. Яблучанского. – Слов'янськ: «Ваш імідж», 2015. – 576 с.

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ВАГИ АВТОТРАНСПОРТУ ПІД ЧАС РУХУ

Григоренко С. М., Григоренко І. В., Кондратенко Р. О.
НТУ «ХПІ», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002

Габаритно-ваговий контроль параметрів транспортного засобу вважається одним з найважливіших способів перевірки великовантажних автомобілів з метою запобігання негативного впливу транспорту на полотно автомобільних доріг загального користування. В якості вимірювального обладнання для визначення ваги автомобіля впроваджуються різні варіанти ваг, кожен тип яких має свої переваги та особливості експлуатації [1].

Для того, щоб провести зважування автотранспорту під час руху обираємо схему установки ваговимірювального обладнання. Зупиняємо свій вибір на схемі врізаних ваг (рис. 1), оскільки необхідно враховувати не лише саме зважування, але і проїзд автомобіля по вагах. У експлуатації ваг є два критичні стани для тензодатчика – це викликано тим, що зазвичай навантаження автомобіля розподіляється по осях не рівномірно. Перший критичний випадок – це коли сума навантажень від кожної осі – максимальна на одній з платформ, при цьому на один датчик доводиться чверть навантаження. Другий критичний випадок – це, коли автомобіль проїжджає самою навантаженою віссю над поперечною парою тензодатчиків, при цьому на один датчик припадає половина навантаження. Необхідно враховувати обидва випадки для кожного типу автомобіля з повним навантаженням і визначити випадок, в якому виникне максимальне навантаження на один датчик. Таким чином, обираємо конструкцію із двома платформами по чотири датчики на кожній.

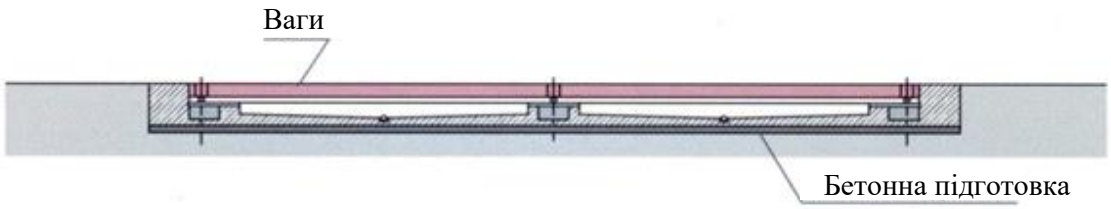


Рисунок 1 – Схема врізаних ваг

Структурна схема системи контролю ваги автотранспорту під час руху представлена на Рис. 2. Вантажівка при заїзді на врізані ваги натискає своєю вагою на дві платформи, на яких розташовані по чотири цифрові датчики (первинні вимірювальні перетворювачі): ПВП1 – ПВП4 та ПВП5 – ПВП8. Датчики закріплені по кутах платформи. Сигнал від ПВП у цифровому вигляді подається на шину мікроконтролера.

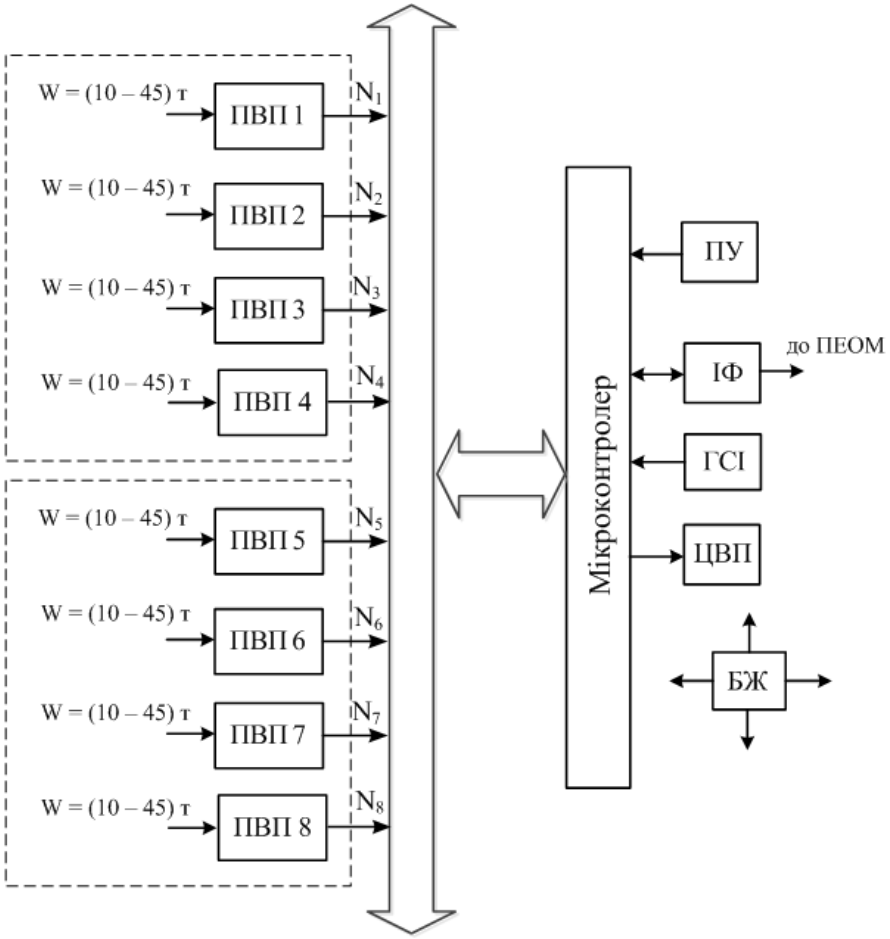


Рисунок 2 – Структурна схема системи контролю ваги автотранспорту під час руху

Мікроконтролер виконує розрахунок поточного значення ваги вантажівки, порівнює значення з уставками, що занесені у пам’ять. До пам’яті мікроконтролера можуть бути занесені насипні маси матеріалів, що використовуються у харчовій промисловості, сільському господарстві, або у будівництві. Таким чином, є можливість визначити не тільки вагу, але і що саме перевозить вантажівка.

Мікроконтролер передає оброблене значення на ЦВП (цифровий відліковий пристрій) і завдяки інтерфейсу (ІФ) до персонального комп’ютера з метою накопичування та подальшої статистичної обробки інформації. ГСІ – генератор сигналів призначений для задання тактової частоти мікроконтролера.

Список літератури

1. Григоренко С. М. Розробка вимірювальної системи контролю ваги автотранспорту / С. М. Григоренко, Р. О. Кондратенко // XXVIII Міжнар. наук. – практ. конф.: Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я, том 2. – Харків, 2020. – С. 15.

СИСТЕМА КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ ФАРМАЦЕВТИЧНОГО СКЛАДУ

Григоренко С. М., Григоренко І. В., Черкасов Є. О.
НТУ «ХПІ», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002

Зберігання лікарських препаратів вимагає суворого дотримання визначених виробником спеціальних температурно-вологісних умов. Інакше ліки втрачають свої властивості та нічого крім шкоди для здоров'я людини не принесуть. В Україні зберігання фармацевтичної продукції (лікарських засобів, матеріалів, сировини, хімічних реактивів та ін.) має відповідати встановленим вимогам [1,2]. Основними контрольованими кліматичними факторами при зберіганні медпрепаратів і ліків є показники температури та вологості повітря в приміщенні складу або боксу [3], однак слід враховувати те, що у складі можливе займання приміщення, тому потрібно контролювати рівень CO (угарний газ).

Об'єктом розробки є система клімат-контролю фармацевтичного складу на базі мікроконтролера ATmega8. На Рис. 1 представлено, структурна схема системи клімат-контролю.

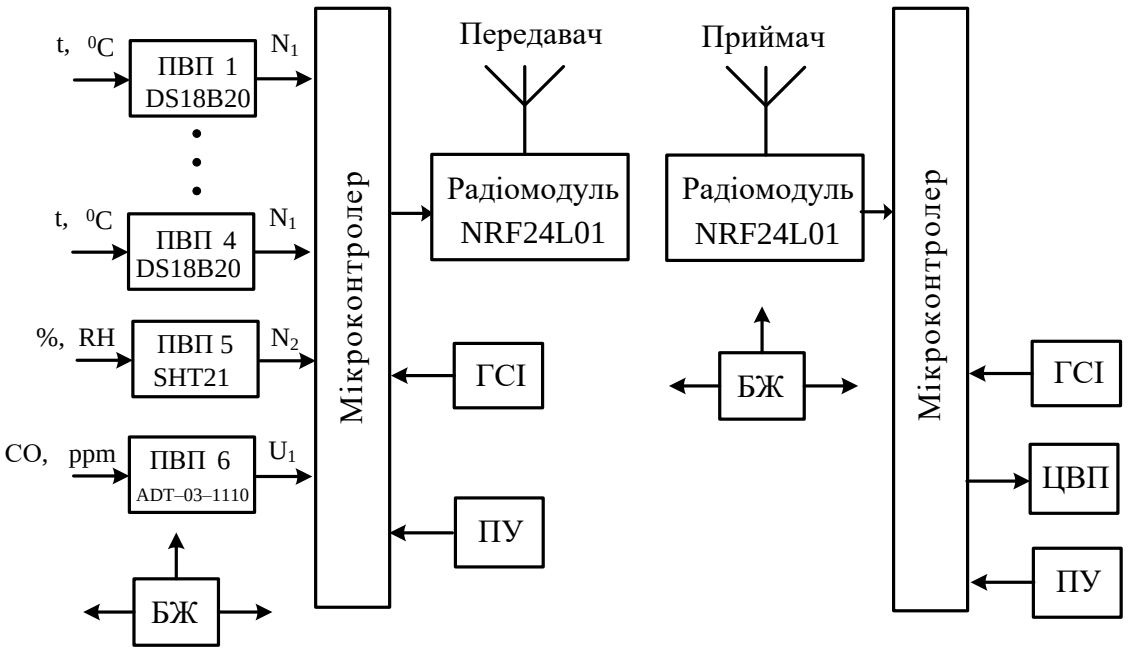


Рисунок 1 – Структурна схема системи клімат-контролю

До складу схеми входять первинні вимірювальні перетворювачі: ПВП1 – ПВП4 призначені для контролю температури у приміщені складу, ПВП5 – датчик відносної вологості, ПВП6 – датчика рівню CO.

В якості датчика вологості використовується сучасний вимірювальний перетворювач вологості компанії Sensirion SHT21. В якості датчиків температури використовується прецизійні датчики температури , компанії

Dallas Semiconductor. У якості датчика CO використовується датчик моделі ADT-03-1110.

Завдання системи збору інформації – вимірювати вказані параметри і відправити дані на приймач. Параметри повітряного середовища, отримані приймачем, виводиться на цифровий відліковий пристрій (ЦВП) та передаються для подальшої обробки до ЕОМ.

Мікроконтролер здійснює обробку, керування вимірювальною інформацією та забезпечує обмін даними між окремими частинами схеми і зовнішніми пристроями. Генератор синхронізуючих імпульсів (ГСІ) виробляє синхроімпульси, необхідні для роботи мікроконтролера. Пульт управління (ПУ) надає можливість програмувати контролер на виконувати конкретні алгоритмічні функції. Радіомодуль NRF24L01 (передатчик), призначений для передачі даних о параметрах повітряного середовища на відстань (до 30 м), де другий радіомодуль (приймач) здійснює приймання даних та передачу їх для подальшої обробки на мікроконтролер приймача. Цифровий відліковий пристрій (ЦВП) необхідний для відображення інформації про поточне значення параметру, що контролюється на екрані згідно алгоритму відображення. Блок живлення (БЖ) забезпечує необхідну напругу для роботи системи.

Живитися передавач повинен напругою від 3 до 3,6 В (нижня межа 3 В для датчика температури, а верхня – для радіомодуля NRF24L01).

Схема підключення радіомодуля передатчика практично ідентична зі схемою приймача, за тим винятком, що живлення на нього йде окремо через понижуючий стабілізатор на 3,3 В.

Похибка датчика вологості SHT21 становить ± 2 % відносної похибки вимірювання. Похибка датчика температури DS18B20 становить ± 0,16 % відносної похибки вимірювання. Похибка датчика контролю CO (угарний газ) ADT-03-1110 становить 0,3 % відносної похибки вимірювання. Отже жодна з похибок вимірювальних каналів не перевищує задану у технічному завданні 2,5 %.

Список літератури

1. Закон України «Про лікарські засоби» / документ 123 / 96-ВР, редакція від 05.07.2020.

2. Закон України «Про сертифіковані товарні склади та прості і подвійні складські свідоцтва» / документ 2286-IV, редакція від 06.11.2014.

3. Осушення повітря на фармацевтичних складах і в аптеках // https: // trotec.com.ua / uk / blog / osushennya-povitrya-na-farmacevtychnyh-skladah-i-v-aptekah-za-dopomogoyu-obladnannya-trotek /.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАРОЖДЕНИЯ ТРЕЩИН В КАЛИБРОВАННОМ ПРОКАТЕ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ

Плеснецов Ю.А., Жила А.І.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна

Одной из важнейших характеристик структурно-энергетического состояния калиброванного проката является удельная энергия (работа), затраченная на его деформацию до момента разрушения Wc (предельная удельная энергия деформации) [1–4]. Поведение любых структур при нагрузке контролируется тремя взаимосвязанными величинами: пределом текучести ($\sigma_т$), объемной плотностью удельной энергии деформации (Wc) и предельной удельной энергией деформации в зоне перед трещиной ($W_{с.кр}$). $W_с$ является показателем энергоемкости металла (МДж/м^3) и определяется по формуле:

$$W_c=0,5\cdot(\sigma_т+\sigma_к)\varepsilon^{пред}, \quad (1)$$

где $\sigma_т$ – предел текучести;

$\sigma_к=\sigma_в(1+\delta)$ – истинное сопротивление разрушению, МПа;

$\varepsilon^{пред}=ln[1/(1–\psi)]$ – истинная относительная деформация при разрушении;

$W_с$ – показатель энергоемкости металла, МДж/м^3.

В формулу входят прочностные и пластические характеристики. В данном случае поведение прочностных и пластических свойств проката зависит от параметров микроструктуры, которая в свою очередь зависит от химического состава, режимов термической и пластической обработок. Исходные данные задавались на основании характеристик, полученных при испытаниях образцов калиброванного проката при различных режимах изотермической обработки и последующей пластической обработки с различными степенями обжатия методом волочения.

Зарождению трещин в калиброванном прокате предшествует пластическая деформация. Критерий зарождения трещины $К_{зт}$, количественно определяющий способность проката сопротивляться возникновению трещин при деформации, определяется выражением

$$К_{зт}=W_c/\sigma_т, \quad (2)$$

где $К_{зт}$ – критерий зарождения трещины величина безразмерная.

Чем выше значение $К_{зт}$, тем труднее зарождаются трещины в калиброванном прокате стали 40Х в процессе холодной деформации волочением.

Критерий распространения трещины $К_{рт}$ количественно определяет способность материала сопротивляться развитию трещин при волочении проката в условиях достижения критического напряженного состояния и равен, МПа (МДж/м³):

$$К_{рт}=W_{с.крит.}\sigma_т, \quad (2)$$

где $W_{с.крит.}$ – критическая величина предельной удельной энергии деформации перед вершиной трещины, определяется при критическом напряженном состоянии, когда энергия деформации, затрачиваемая на пластическую

деформацию, равна энергии, идущей на упругое искажение объема и имеет размерность (МДж/м^3) МПа≈(МДж/м^3)^2. Величина $W_{скрит}$≈(0,75…0,5)$W_c K_{рт}$.

Выводы

1. Установлено, что упрочнение волочением с разными степенями обжатия в сочетании с изотермической обработкой при температурах 370°С, 400°С, 425°С, 450°С, 500°С и 550°С обеспечивает оптимальное сочетание механических характеристик (высокая пластичность и незначительное сопротивление пластической деформации) и достигается при обжатии 5%.

2. С увеличением обжатия до 10% наблюдаются интенсивный рост предела текучести и резкое снижение относительного удлинения.

3. При обжатии 15% значительно возрастает предел прочности, а относительное удлинение продолжает уменьшаться. Дальнейшее увеличение обжатия до 60% вызывает непрерывный рост предела текучести и предела прочности, относительное удлинение медленно снижается, а относительное сужение находится на высоком уровне (60-58%) до обжатия 25%, а после чего падает двумя ступенями в интервалах обжатия 25-35% и 40-60%.

4. Установлено, что с увеличением обжатия проката от 5% до 60% его пластические характеристики снижаются. Относительное удлинение при обжатиях волочением от 5% до 30% снижается с 15% до 10%, а при обжатиях от 30% до 60% остается постоянным и равным 10%. Относительное сужение при обжатиях от 5% до 60% монотонно снижается от 60% до 38%.

5. Получены критерии работоспособности, позволяющие количественно оценить влияние упрочнения при изотермической обработке и пластической деформации волочением на процесс разрушения, выраженное в синергетической величине энергоемкости.

Список литературы

1. Харитонов В.А. Современные направления развития технологии производства катанки: учеб. пособие для вузов / В.А. Харитонов, О.Н. Тулупов, А.Ю. Манякин. – Магнитогорск: МГТУ, 2003. – 137 с.

2. Белалов Х.Н. Производство стальной проволоки. / Х.Н. Белалов, Н.А. Клековкина, А.А. Клековкин. Монография. – Магнитогорск: МГТУ, 2005. – 543 с.

3. Никифоров Б.А. Технология волочения проволоки и плющения ленты: Учеб. пособие / Б.А. Никифоров, В.А. Харитонов, А.В. Копьёв. – Магнитогорск: МГТУ, 1999. – 354 с.

4. Королёв В.Д. Волочильные станы для производства стальной проволоки: Учеб. пособие / В.Д. Королёв, И.И. Боков, Л.Е. Кандауров. – Магнитогорск: МГТУ, 1999. – 236 с.

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВЕРОЯТНОСТЬ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗМЕРЫ ДЕФЕКТОВ ПРИ СВАРКЕ

Плеснецов Ю.А., Повелиця Я.С.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна

Стабильный технологический процесс сварки нецелесообразно изменять в зависимости от эксплуатационных требований, предъявляемых к различным изделиям, поэтому большинство норм допустимых дефектов являются технологическими, то есть ориентированными на возможности сварочного производства.

Для обоснования технологических требований к нормам допустимости дефектов требуется определение достигнутого уровня качества сварных конструкций, который может быть представлен в виде диаграмм частот появления дефектов и гистограмм их распределения по размерам [1, 2].

Усталостная прочность сварных соединений определяется глубиной дефектов [2, 3]. Форма гистограмм (рис. 1) описывается экспоненциальным законом.

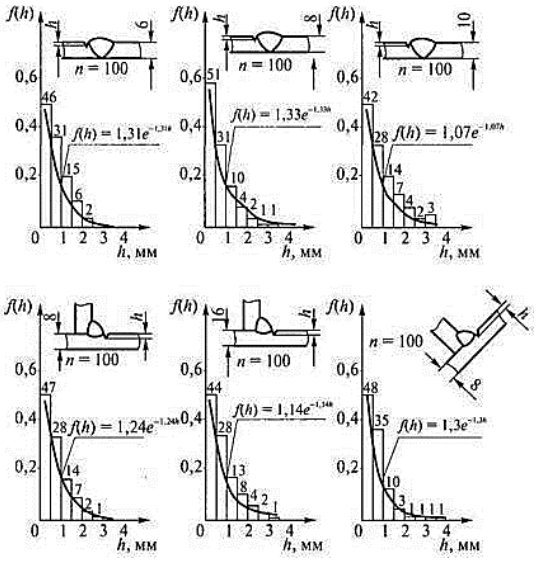


Рисунок 1 – Распределение глубин подрезов

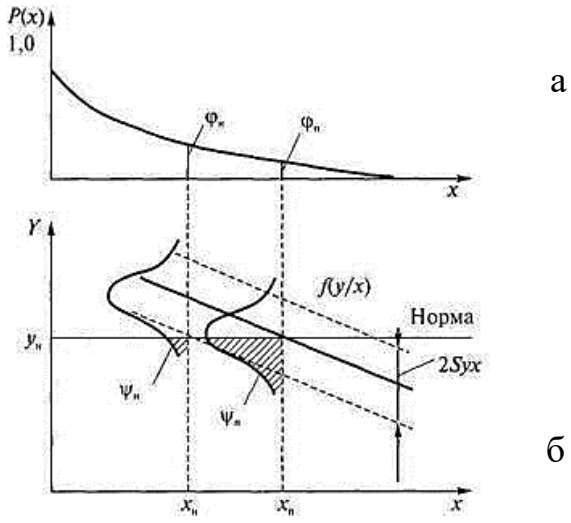


Рисунок 2 – Вероятностные модели определения нормативного $x_н$ и порогового $x_п$ размеров дефекта: а – вероятность появления дефектов; б – регрессионное влияния дефектов на прочность Y соединения

Вероятностные модели оценки норм допустимости дефектов

При оценке норм допустимости дефектов используются вероятностные модели, которые позволяют рассчитать вероятность появления дефектов (технологическая модель) и вероятность их влияния на прочность сварных соединений (эксплуатационная модель) [4,5].

Рассматриваются две вероятностные характеристики дефектов: 1) вероятность появления (из общего числа дефектных участков) участков с дефектами, имеющими размеры X, больше некоторого нормативного уровня $x_н$ (рис. 2, а) $\varphi(x)=\varphi$; 2) вероятность потери прочности Y соединения ниже некоторого нормативного уровня $Y=y_н$ из-за наличия дефектов размером x (рис. 2, б) $\psi(x)=\psi$. Условия расчета норм по каждой модели: а – технологическая модель $\varphi=B_{ер}(X>x_н)<\varphi_н$; б – эксплуатационная модель $\psi=B_{ер}(Y<y_н)<\psi_н$, ($\varphi_н$, $\psi_н$ – нормативные значения φ и ψ).

Влияние дефектов размером X на прочность Y выражается регрессией $Y=f(X)$, а также условным распределением $f(y/x)$. Графическое пересечение линии регрессии и нормативного уровня прочности сварного соединения $y_н$ соответствует пороговому размеру $x_п$ дефекта. Для $X=x_п$ вероятность влияния дефекта на прочность $\psi_п=0{,}5$.

Для оценки норм допустимости дефектов рекомендуется использовать понятия их запаса по размеру η_x и по вероятности $\eta_{вер}$: $\eta_x=x_п/x_н$; $\eta_{вер}=\varphi_п\psi_п/\varphi_н\psi_н=0{,}5\varphi_п/\varphi_н\psi_н$.

В случае, когда $\eta_x>5\ldots10$ и $\eta_{вер}>10\ldots50$, нормы условно считают технологическими, в противном случае нормы эксплуатационные.

Вероятность потери работоспособности из-за наличия дефектов определяется по формуле $П=\varphi_н\psi_н q$.

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к деталям (элементам конструкций), величина П не должна быть более $10^{-5}\ldots10^{-4}$ [6, 7]. Ожидаемая доля брака Б может быть рассчитана по формуле $Б=\varphi_н q$.

Исследования показали, что оптимальная доля брака при изготовлении сварных конструкций, составляют $(2\ldots7)\text{x}10^{-2}$ [4].

При использовании участков протяженностью 40 мм приемлемый уровень брака, который может быть принят в качестве нормативного значения доли брака $Б$, составляет $3\text{x}10^{-3}\ldots10^{-2}$.

Список литературы

1. Винокуров В.А. Эксплуатационные и технологические требования к сварным соединениям в отношении сплошности / В.А. Винокуров // Сварочное производство. – 1987. – № 6. – С. 27-30.

2. Волченко В.Н. Вероятностные расчеты норм дефектности сварных соединений при многоцикловом нагружении / В.Н. Волченко, Н.Н. Коновалов // Сварочное производство. – 1991. – № 8. – С. 27-30.

3. Труфяков В.И. Прочность сварных соединений при переменных нагрузках / В.И. Труфяков – Киев: Наукова думка, 1990. – 256 с.

4. Волченко В.Н. Оценка и контроль качества сварных соединений с применением статистических методов / В.Н. Волченко. – Москва: Изд-во стандартов, 1974. – 159 с.

5. Волченко В.Н. Вероятность и достоверность оценки качества металлопродукции / В.Н. Волченко. – Москва: Металлургия, 1979. – 88 с.

6. Серенсен С.В. Несущая способность и расчет деталей машин на прочность: справочное пособие / С.В. Серенсен. – Москва: Машиностроение, 1975. – 488 с.

7. Брауде В.И. Вероятностные методы расчета грузоподъемных машин / В.И. Брауде. – Ленинград: Машиностроение, 1978. – 231 с.

МОДЕЛЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАПАСА ПЛАСТИЧНОСТИ ПРИ ОТЖИГЕ ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Плеснецов Ю.А., Сучков Г.М., Плеснецов С.Ю.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна

Холодную деформацию листа, труб, проволоки и т.п. часто осуществляют в несколько переходов, которые во многих случаях сопровождаются проведением промежуточных и окончательного отжигов [1-4]. При отжиге идут процессы разупрочнения металла и восстановления его пластических свойств, причем природа этих процессов разная. В основе восстановления пластичности лежат диффузионные процессы переноса вещества в поры и микротрещины.

Математическое описание восстановление запаса пластичности при отжиге

Для решения задачи использована достаточно изученная методика [3, 4]

$$\lambda_P=\lambda_P(k, \mu_\sigma).$$

Металл подвергают пластической деформации на различную степень использования ресурса пластичности (не до разрыва)

$$\psi_1=\frac{\lambda_1}{\lambda_p}.$$

Далее металл подвергают отжигу по избранным температуре Θ и времени выдержки t, что обеспечивает восстановление пластичности металла на величину $\Delta\psi$. После отжига металл вновь подвергают пластической деформации до разрушения. При этом фиксируют λ_2 и вычисляют

$$\psi_2=\frac{\lambda_2}{\lambda_p}.$$

Повторная пластическая деформация (близка к монотонной) позволяет определить $\Delta\psi$. В результате получаем зависимость

$$\psi=\psi_1-\Delta\psi+\psi_2=1,$$

что это позволяет определить

$$\Delta\psi=-1+\psi_1+\psi_2. \qquad (1)$$

В абсолютном виде выражение (1) можно записать в виде

$$|\Delta\psi|=1-\psi_1-\psi_2.$$

Результаты исследований по определению восстановления запаса пластичности $\Delta\psi$ при отжиге, проведенных для ряда сталей и сплавов, показали, что восстановление пластичности зависит от ψ_1, то есть от величины деформации λ до проведения отжига. Диаграмма (рис. 1) характеризует стадии накопления поврежденности при деформации и возможности ее уменьшения при последующей термической обработке. Диаграмма имеет три характерных участка: [0… ψ*], [ψ*… ψ**], [ψ**…1]. Термическая обработка после пластической деформации с величиной $\psi\le\psi^*$ полностью устраняет накопленную за процесс деформации поврежденность микродефектами ($\Delta\psi=\psi_1$). Условие $\psi^*\le\psi\le\psi^{**}$ соответствует образованию в металле

энергетически устойчивых микропор, не залечиваемых полностью при отжиге по принятому режиму ($\Delta\psi<\psi_1$). После деформации с $\psi>\psi^{**}$ возможность устранения поврежденности микродефектами при отжиге уменьшается, а при достижении $\psi=1$ происходит макроскопическое разрушение металла. Штриховкой показаны области изменения величин ψ^* и ψ^{**} для различных металлов.

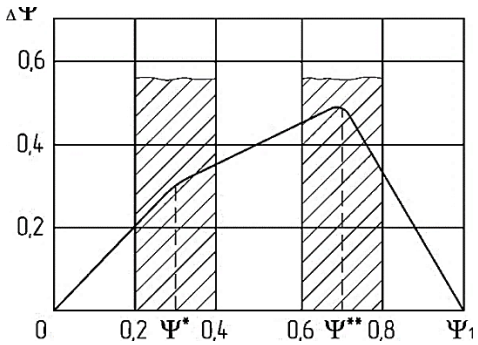


Рисунок 1 – Диаграмма, характеризующая стадии накопления поврежденности при деформации и возможности ее уменьшения при последующей термообработке

Выводы

1. Наличие микродефектов сплошности металла в некоторых изделиях не всегда приводит к снижению эксплуатационных характеристик. Поэтому при проектировании технологии ОМД следует применять дифференцированный подход к назначению деформаций и отжигов и учитывать условия эксплуатации изделий.

2. Микроскопические нарушения сплошности могут самопроизвольно развиваться после прекращения пластической деформации. Это происходит, если материал получил при обработке высокое значение ψ и если в металле имеют место значительные остаточные напряжения.

3. Система ограничений по величине ψ следующая:

а) <1 – допускается для изделий, не несущих значительных нагрузок;

б) $\leq\psi^{**}=0{,}6\ldots0{,}8$ – для большинства выпускаемых изделий, у которых существуют ограничения по нижнему пределу прочности, вязкости и долговечности;

в) $\leq\psi^{*}=0{,}2\ldots0{,}4$ – для изделий, работающих в особенно неблагоприятных условиях (неравенство можно охарактеризовать как условие получения продукции без микродефектов сплошности деформационного происхождения).

Список литературы

1. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением / Г.Я. Гун. – Москва: Металлургия, 1980.– 456 с.

2. Полухин П.И. Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов / П.И. Полухин – Москва: Металлургия, 1983. – 352 с.

3. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением: Учебник для вузов / В.Л.Колмогоров. – Екатеринбург: – УПИ, 2001. – 689 с.

4. Огородников В.А. Ресурс пластичности металлов при холодном объёмном формоизменении: монография / В.А. Огородников. – Винница: ВНТУ, 2016. – 176 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ МЕТАЛЛА В ПРОЦЕССЕ ПРЕССОВАНИЯ

Плеснецов Ю.А., Чуб Н.А.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна

Исследования, направленные на моделирование процессов разрушения металла при больших пластических деформациях актуальны для обоснования рациональных способов и режимов пластического формоизменения, обеспечивающих приемлемую поврежденность металла и, как следствие, высоких механических свойства металла и эксплуатационных характеристик изделий.

Предельные деформации в процессах пластического формоизменения сопровождаются вязким разрушением металла (увеличением количества микропор и микротрещин, что характеризует поврежденность металла). В практике расчетов распространение получили методики оценки поврежденности металла В.Л. Колмогорова [1], В.А. Огородникова [2], А.А. Богатова [4]. Поврежденность металла не должна превышать критического значения, так как далее происходит потеря прочностных характеристик изделия. При достижении значения поврежденности, равного единице, появляется макроскопическая трещина. Метод конечных элементов (МКЭ) позволяет моделировать разрушение металла, с учетом изменяющегося напряженного состояния материальных точек заготовки.

Цель работы – анализ применимости методики поврежденности металла, для определения оптимальных термических и механических условий деформации металла при получении длинномерных ультрамелкозернистых заготовок в процессе прессования.

Материал и методики исследования

Объект исследований – заготовка прямоугольного сечения 11,2×10,7 мм, длиной 80 мм, материал – сплав ВТ-6.

Компьютерное моделирование прессования заготовки выполнено с использованием программного комплекса QFORM 3D.

Условия и допущения компьютерного моделирования: заготовка – пластичное тело; инструмент (см. рис. 1) – абсолютно жесткое тело (3D-модели скорость прессования – 28 мм/с; угловая скорость вращения ротора – 0,177 рад/с; задача изотермическая; температура заготовки и инструмента постоянная (200ºС); коэффициент трения f=0,5; количество конечных элементов 75000; количество шагов моделирования 4500.

Результаты моделирования и расчета поврежденности металла.

Поврежденность рассчитывали по формуле:

$$\omega=\sum_{k=1}^{r}\left\{\frac{\Delta c_k}{\left[\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_i}\right)_{cp}\varepsilon_{i,p}\right]_k}\right\}.$$

Приращение показателя поврежденности $\Delta c_к$ на k этапе деформирования материальной точки заготовки, определяли по формуле:

$$\Delta c_к = \int_{\varepsilon_{i,\,к}}^{\varepsilon_{i,\,к+1}} \frac{\sigma_1}{\sigma_i} d\varepsilon_i.$$

Показатель поврежденности C не изменяется, когда точка находится в сужающемся выходном канале матрицы (рис. 1) – в зоне растяжения очага деформации, интенсивно увеличивается на 1 и 4 проходах прессования, когда точка находится в зоне сдвига очага деформации (рис. 2).

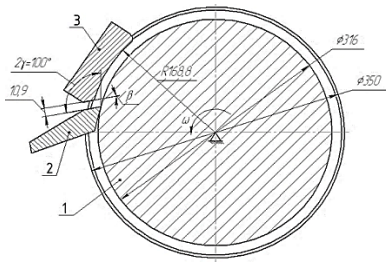


Рисунок 1 – Схема инструмента для прессования заготовок прямоугольного сечения: 1 – ротор; 2 – упор; 3 – прижим

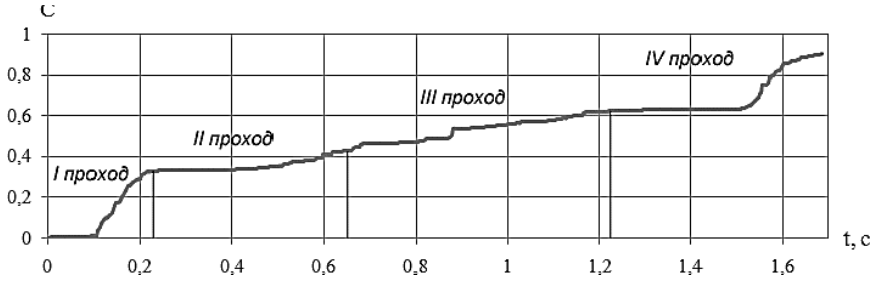


Рисунок 2 – Графическая зависимость показателя поврежденности C

Выводы

1. Разработанная методика прогнозирования оценки повреждаемости металла позволяет выбрать рациональные режимы обработки, т.е. благоприятную температуру обработки, угол пересечения каналов, угол сужения выходного канала и др.

2. Результаты компьютерного моделирования повреждаемости металла согласуются с расчетно-экспериментальными данными, что подтверждает возможность применения разработанной методики в промышленных технологиях.

Список литературы

1. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением / В.Л. Колмогоров – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001. – 836 с.

2. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / В.А. Огородников – Киев: Вища школа, 1983. – 175 с.

3. Богатов А.А. Механические свойства и модели разрушения металлов: учеб. пособие / А.А. Богатов – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2002. – 329 с.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПРИСТРІЙ МАГНІТНОГО КОНТРОЛЮ ОСЕРДЬ СТАТОРІВ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Сіренко М.М., Коваленко А.О.
Національний технічний університет «ХПІ», e-mail: sirnn2@gmail.com

Складовою технологічного процесу промислового виробництва електричних двигунів є виготовлення їх магнітопроводів (статорів, роторів), які складаються із штампованих з тонколистової електротехнічної сталі пластин заданих конфігурацій і розмірів. Щоб електродвигуни відповідали вимогам технічних умов і регламентів потрібно здійснювати експрес-контроль магнітних характеристик осердь статорів. Ця задача ускладнюється тим, що осердя статорів мають замкнену форму та досить складні конфігурації. Основним недоліком традиційних установок для їх магнітного контролю [1] є трудомістка операція підготовки їх до випробувань, пов'язана з попереднім нанесенням на них намагнічувальної та вимірювальної обмоток.

Перспективним з точку зору автоматизації контролю є застосування спеціалізованих пристроїв з магнітопроводами, які називаються пермеаметрами [1] і не вимагають нанесення обмоток на контрольовані осердя. Їх принцип дії полягає в тому, що магнітний потік створюється у зовнішньому пристрої і далі по магнітопроводу передається у виріб.

Для автоматизації магнітного контролю якості осердь статорів пропонується пермеаметр, конструктивною особливістю якого є рухливі магнітопроводи із змінною геометрією полюсів, адаптивних до зовнішньої поверхні виробу [2]. На рис. 1 показана його конструкція, яка базується на двох розсувних шихтованих Г- образних пакетах 1 і 2 пластин 3 з електротехнічної сталі. В зоні перекриття пакетів на каркасі розміщені намагнічувальна 4 та вимірювальна 5 обмотки. Фіксація пластин при контакті з поверхнею осердя статору 9 здійснюється розсувною струбциною 6 і обоймами 7 з пружними прокладками 8.

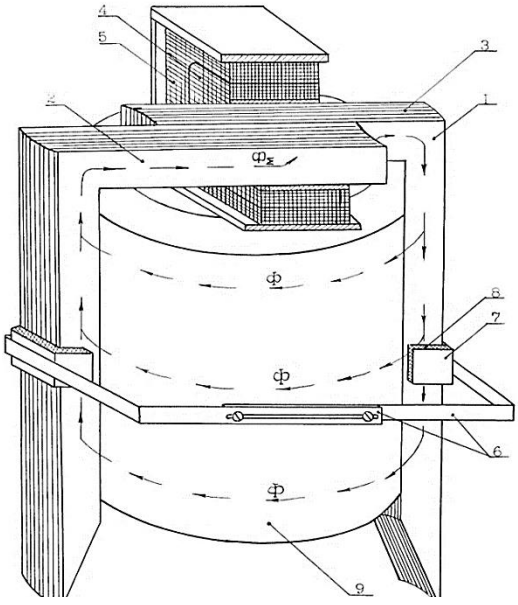


Рисунок 1 – Схема пермеаметра з рухливими магнітопроводами із змінною геометрією полюсів

Для підвищення точності магнітних вимірювань був обраний диференційний метод порівняння сигналів двох ідентичних пермеаметрів із стандартним (СЗ) і контрольованим (КЗ) зразками осердь в умовах випробувань у магнітному полі частоти

f=50 Гц і стандартної напруженості 2500 А/м. Результатом порівняння є вимірювана різниця ΔU цих сигналів, від якої залежить значення індукції $B_{кз}$ КЗ, що опосередковано вимірюється як:

$$B_{кз}=\frac{KB_{сз}-\Delta U}{Kk_m}. \quad (1)$$

Значення індукції $B_{сз}$ СЗ заздалегідь вимірюється контрольним методом приладами певної точності, визначеної стандартом [3], і відповідає вимозі технічного завдання. Коефіцієнт K і ваговий коефіцієнт k_m є постійними величинами. Перший залежить від частоти f, числа витків $W_в$ вимірювальної обмотки пермеаметру із СЗ, ефективної площі $S_{сз}$ перерізу СЗ (тобто тільки площі перерізу «спинки» статорного кільця, по якій протікає магнітний потік Ф під час контролю осердя), яка попередньо визначається вимірювальним інструментом, і коефіцієнту градуювання $k_г$ пермеаметрів на стандартних зразках осердь контрольними методами [3]:

$$K=4k_г f W_в S_{сз}. \quad (2)$$

Коефіцієнт k_m введений для коректного і спрощеного визначення ефективної площі $S_{кз}$ перетину КЗ шляхом зважування наборів статорних кілець КЗ і СЗ (до складання їх в осердя статору) і розрахунку відношення їх мас. Розроблене обґрунтування вагової методики визначення площі $S_{кз}$.

Показано, що при рівності мас КЗ і СЗ (серійний випуск) діапазон вимірювань ΔU приладу градуюється одразу в одиницях індукції ΔB (Тл).

Запропонована блок-схема автоматизованого пристрою, яка складається з двох ідентичних пермеаметрів і двох електричних ланцюгів: намагнічувального і вимірювального. Перший є послідовним з'єднанням генератора синусоїдального стабільного струму, амперметра, двох намагнічувальних обмоток ідентичних пермеаметрів. До складу другого входять вимірювальні обмотки обох пермеаметрів, які підключені відповідно до двох детекторів середніх значень напруги, диференційний підсилювач постійного струму, джерело опорної напруги, дворівневий компаратор напруги і пристрої сигналізації про браковані осердя.

Список літератури

1. Испытание магнитных материалов и систем / Под ред. А.Я. Шихина // М.: Энергоатомиздат, 1984. – 376 с.

2. А.с. 1404994 (СССР). Устройство для определения магнитных характеристик цилиндрических изделий / А.А. Авраменко, В.П. Себко, Н.Н. Сиренко. Опубл. в Б.И., 1983, № 23.

3. ГОСТ 12119.5-98. Сталь электротехническая. Методы определения магнитных и электрических свойств. Метод измерения амплитуд магнитной индукции и напряженности магнитного поля. Межгосударственный стандарт.: – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.

ЕТАПИ ОЦІНКИ КІЛЬКІСНИМИ КРИТЕРІЯМИ ТЕЛЕКОМУКАЦІЙНИХ СИСТЕМ З УРАХУВАННЯМ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Смолін Ю.О., Захаренко О.В., Колесников К.В., Шмаков В.В.
Національний технічних університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова 4, Україна, 61002

Для отримання об’єктивної та достеменної оцінки кількісними критеріями телекомукаційних систем, з урахуванням інноваційних технологій в цих системах, таку оцінку слід проводити у два етапи:

а) перший – стосовно до етапу розробки, що дасть можливість оцінити продукт, який ще не пройшов випробування часом і, отже, не зарекомендував себе певним чином.

б) другий – для оцінювання вже готової і функціонуючої, або функціонуючої у минулому, на протязі певного проміжку часу, телекомунікаційної системи.

Відомо, що між теорією і практикою є дуже велика відмінність, бо в теорії розглядається ідеальний набір умов, які можна спрогнозувати відповідно до обставин. На практиці ж вплив відкинутих і неврахованих умов може дати вагому похибку в остаточному результаті роботи пристрою, чи групи пристроїв. До того ж цінність деяких критеріїв оцінки вагома лише на етапі розробки, бо, наприклад, будучи вже функціонуючою, телекомунікаційна система не залежить від факторів, які безпосередньо впливають на можливість її реалізації. Тому кожен критерій необхідно досліджувати відносно двох виділених груп стосовно двох вищевказаних етапів.

Основа пропонуємого двоїстого підходу полягає у визначенні приналежності кожного критерію оцінювання до однієї з двох груп. Перша група оцінок – ті, які можна зробити на етапі розробки проекту телекомунікаційної системи. Друга – в процесі експлуатації. У свою чергу оцінки діляться на дві підгрупи – абсолютні і відносні. Абсолютні – це ті, що дають вичерпний результат, відносні – прогностичний.

В ході дослідження до групи етапу розробки було віднесено 11 абсолютних оцінок і 5 відносних. До групи етапу експлуатації – лише 10 абсолютних. Це пов'язано з тим, що оцінювання на етапі експлуатації не може мати прогностичного характеру, і 6 з 16 оцінок не мають особливого значення для вже збудованої телекомунікаційної системи.

З метою урахування різних умов можливостей проведення одних і тих же оцінок на різних етапах пропонується ввести проміжні оцінки кількісних параметрів.

Результати цього етапу дослідження представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Приналежність оцінки до кожної з груп

Критерій оцінювання	Етап розробки	Етап експлуатації
Пропускна спроможність каналу зв'язку	Відносна	Абсолютна
Максимальна довжина транспортної ділянки	Абсолютна	-
Максимальна відстань до абоненту	Абсолютна	-
Час відновлення зв'язку	Відносна	Абсолютна
Максимальна швидкість передачі корисної інформації	Відносна	Абсолютна
Можливість управління навантаженням	Абсолютна	Абсолютна
Підтримка резервування	Абсолютна	Абсолютна
Ефективність управління	Абсолютна	Абсолютна
Доступність обладнання	Абсолютна	-
Доступність спеціалістів	Абсолютна	-
Наявність готових рішень	Абсолютна	-
Рівень стандартизації	Абсолютна	Абсолютна
Сумісність із видами навантаження	Відносна	Абсолютна
Сумісність із середовищем передачі	Відносна	Абсолютна
Підтримка управління діями абонента	Абсолютна	Абсолютна
Сумісність обладнання різних виробників	Абсолютна	-

При розробці проміжних оцінок було введено такі поняття:

а) орієнтовне значення – номінальне значення, яке виражає характеристику, що зазначена у технічній документації до певної технології;

б) розрахункове значення – значення, отримане в результаті урахування умов, що впливають на зміну орієнтовного значення;

в) фактичне значення – значення, отримане у результаті виміру при практичному дослідженні.

Виходячи з цих понять, і було розглянуто наведені критерії оцінювання.

Список літератури

1. Твисс Б. Управление научно-техническими нововведениями / Б.Твисс [пер. англ.; авт. пред. и науч. ред. К.Ф.Пузыня]. – М. Экономика, 1989. – 272с

2. Кундеева Г. А. Основные категории теории инноваций / Г. А. Кундеева // Прометей. – 2007. – №3. – С. 114-119.

3. Друкер П.Ф. Рынок: как выйти в лидеры / П. Ф. Друкер. – М.: Буксембер Интернешенл, 1992. – 458 с.

4. Антонюк Л. Л. Інновації: теорія, механізм розробки та комерціалізації: монографія / Л. Л. Антонюк, А. М. Поручник, В. С. Савчук. – К.: КНЕУ, 2003. – 394 с.

5. Каптур В.А. Оценка эффективности реорганизации телекоммуникационных сетей. Презентація. Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова., 2012 р. – 21с.

EXPERIMENTAL SETUP FOR STUDYING THE CHARACTERISTICS OF A MEASURING TRANSDUCER WITH A SPATIALLY PERIODIC FIELD STRUCTURE

Gorkunov B. M., Borysenko Y. A., Topolov I. I., Lvov S. H.
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
2, Kyrpychova str., 61002, Kharkiv, Ukraine

In flaw detection and structural analysis, electromagnetic transducers (sensors) are widely used, operating on the phenomenon of eddy currents induced in metal products. In the theory of electromagnetic NDT methods, it is regular to distinguish the direct and inverse problems. The direct one lies in defining the field structure from a source with known parameters when a metal object with known characteristics is placed in its action radius. The inverse one is to determine the parameters of a metal object by studying the field response to the appearance of this object. To solve the inverse problem, it is proposed to use transducers (sensors) that implement multiparameter monitoring. Such transducers allow noncontact flaws detection in the samples under test (SUT). In addition, with their help, it is possible, by evaluating the electromagnetic parameters of the sample (magnetic permeability and conductivity [1]), to assess the SUT structural state [2]. Paper [3] contain developed by the authors mathematical apparatus, that allows obtaining equations for calculating the electrophysical parameters of the SUT by measuring the amplitudes and phases of spatial harmonics. In [4] authors got equations for calculating the parameters of these harmonics for a specific spatial model of mutual arrangement of SUT, excitating and measuring windings. For the validity of the formulas obtained, it is crucial to have a high accuracy of the positioning of all elements in accordance with the spatial model.

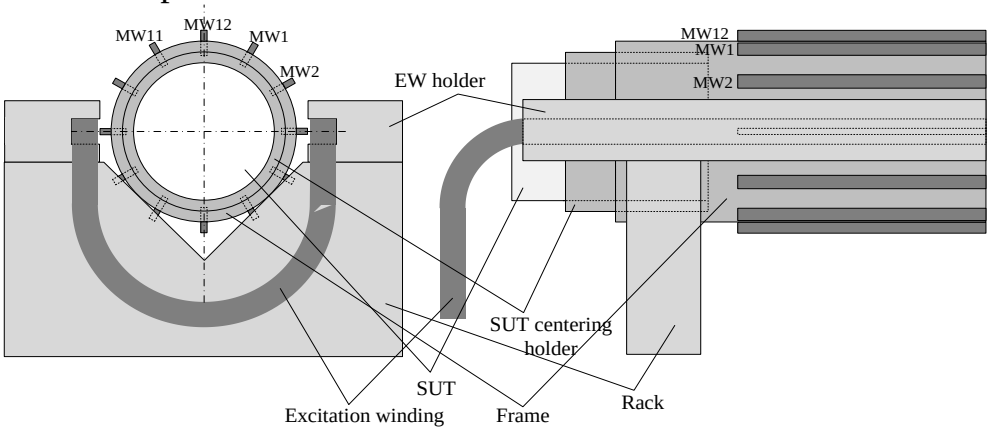


Figure 1 – Design of the experimental setup

The previous design of the [4] setup had a number of cons. The measuring windings (MW) were made by winding a thin wire and had significant geometric dimensions, moreover, the profiles of the windings were not strictly identical, which negatively

affected the repeatability of the measurement results and the compliance of these results with theoretical calculations. The other drawback was low accuracy of specifying the angular coordinates of measuring windings placement, the relative positioning of the measuring windings and the excitating windings (EW) could not be changed. In addition, the magnetizing winding was made of a fairly thin wire on a very weak frame and had about 90 turns. The inductance of the winding was about 9 mH, the active resistance was about 12 ohms. As a result, the maximum magnetizing current was limited to about 800 mA, due to the heating of the winding and the limitation of the amplifier by the supply voltage.

When designing a new version of the setup we decided to divide it into a movable and a stationary part. The stationary part (see Fig.1) consists of a frame with a excitating winding mounted on it. The excitation winding is made of a copper wire of the ПЭВ-type with a diameter of 1 mm and has 36 turns. The resulting winding has a resistance of 1.38 ohms and an inductance of 856 μH. Besides that, the rigid structure of the frame makes it possible to accurately set the geometrical position of the excitation winding in the geometric model of the mutual placement of the SUT, measuring and magnetizing windings, which is quite important when comparing the results of mathematical modeling and experimental data. The movable part consists of a tubular frame with longitudinal slots in which the measuring windings are installed. To improve the accuracy of specifying the angular coordinate, the specified longitudinal slots were made on a milling machine with a dividing head. The measuring windings themselves, to minimize their dimensions, were made by manufacturing 4-layer FR4 PCB. This method of their manufacturing also made it possible to set the spatial arrangement and geometric parameters of these windings with sufficient accuracy. In the course of further work, the authors are going to experimentally evaluate the manufacturing quality of the setup by comparing the measurement results obtained using it with the results of theoretical calculations. In the future, it is planned to test the methods of structural analysis and flaw detection using this setup.

References

1. Determination of the magnetic permeability, electrical conductivity, and thickness of ferrite metallic plates using a multifrequency electromagnetic sensing system / M. Lu et al. // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2019. – Vol. 15. – P. 4111–4119.

2. Dahia A. A model-based method for the characterisation of stress in magnetic materials using eddy current non-destructive evaluation / A. Dahia, E. Berthelot, Y. Le Bihan, L. Daniel // Journal of Physics D: Applied Physics. – 2015. – 48(19). – P.195002.

3. Gorkunov B. M. Uncertainty estimation while proceeding multi-parameter eddy current testing / B. M. Gorkunov, S. H. Lvov, Ye. A. Borysenko // Information Processing Systems. – 2018. – Vol. 4(155). – P. 92–97.

4. Gorkunov B. M. Experimental Studies of an Eddy Current Transducer with Spatially Periodic Fields / B. M. Gorkunov, S. H. Lvov, Tamer Shaiban, Ye. A. Borysenko // Metrologia ta priladi. – 2018. – № 4. – P. 45–50.

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗЕРНА В ЗЕРНОСХОВИЩАХ

Балєв В.М., Свириденко М.Ю.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, Харків, Україна, 61002, bvnbvn@ukr.net

Постійне збільшення кількості населення на Землі потребує збільшення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції різноманітного призначення, її зберігання, переробки, виготовлення з неї кінцевого продукту придатного для споживання людиною, дистрибуції і т.і. На кожному з цих етапів з різних причин є небажані втрати які зводять нанівець труд багатьох людей. Це спричиняє необхідність виробляти більші об’єми продукції, витрачаючи додаткові кошти, використовувати більші площі родючих земель для сільськогосподарського призначення, витрачати додаткові ресурси для утилізації зіпсованої продукції. Зменшення втрат на будь якому з означених етапів дає суттєву економію і зменшує навантаження на нашу планету.

Чи не кожен аграрій знає: не той урожай, що в полі, а той що в коморі. І навіть коли зерно вже в сховищі існують риски втрат, які можуть досягати навіть до 70% від загального об'єму із-за неналежних умов зберігання. Тому цей процес необхідно ефективно організувати, щоб не втрачати прибуток, коли сховища вже наповнені новим урожаєм.

Ми зосередимося на процесі зберігання збіжжя в зерносховищах. При зберіганні аграріями запасів зернових на базі власного господарства втрати можуть складати 8-10% від зібраного урожаю. Тому треба враховувати нюанси зберігання зернової продукції, упорядкувати її транспортування, впроваджувати ефективні технології, модернізувати існуючі технології і устаткування.

Вологість – один з визначальних показників ефективної технології зберігання зерна в зерносховищах. Аграрії несуть значні витрати, щоб цей показник не досяг критичного значення, коли можна втратити вже готовий урожай.

Зберігання зерна на елеваторах за прийнятними умовами передбачає вологість не вище за допустиму. Цей показник складає 12-16% залежно від типу культури і терміну розміщення в сховищі. Так, для зернових злакових, які зберігаються до 1 року допустима вологість – 14-15%, для зернобобових – 15-16% і для масляних – 6-8%.

Ефективна технологія зберігання зерна визначає стан його активної життєдіяльності і організмів, які знаходяться в зерновій масі. Їх розвиток характеризується появою невеликої кількості вільної вологості, яка з'являється якщо перевищено допустиме значення на 0,5-1%. Добре зберігається сухе зерно – має вологість нижче допустимої на 1-2%. У масі середньо-сухого зерна з'являється небезпека посилення інтенсивності дихання і

розвитку мікроорганізмів і комах. Тобто можливість зберігання такої маси, більш вологішою, обмежена. Зерно, вологість якого перевищує критичну на 2-3% починає швидко втрачати якісні показники.

Величину вологості зерна зернових, зернобобових і олійних культур визначають стандартним методом – повітряно-тепловим. Для визначення вологості в короткі строки (впродовж декількох хвилин) використовують прилади - вологоміри, які працюють за принципом електропровідності. На їх показники істотно впливає рівномірність розподілу вологи і наявність різних домішок в зерновій масі. Вологість також визначає кінцеву вартість партії зерна. Так, за кожен відсоток цього показника вище допустимого зменшують фізичну вагу цього об'єму і, як результат, закупівля зернових обходиться дешевше. Якщо вологість нижча - нараховують додатково 1% за відсоток зниження.

Іншим важливим показником якості зберігання зернових є температура. Стан будь-якого живого об'єкту можна визначити по його внутрішній температурі. Це відноситься і до зерна, яке зберігається у буртах або на складах. Щоб сформулювати вимоги до вимірника температури зерна, необхідно знати причини її підвищення і межі зміни, фізичні параметри об'єкту, режими виміру. Зібране зерно залишається живим організмом в якому продовжує відбуватися обмін речовин, який підтримує життя зародкової клітини. В процесі обміну відбуваються окислення органічних речовин, головним чином цукрів, під дією окислювально-відновлювальних ферментів. В результаті цих реакцій виділяється вуглекислий газ, вода і тепло, а поглинається кисень з міжзернового простору – зерно дихає. Під час зберігання зерна може розвинутися процес самозігрівання який пришвидшує виділення тепла та призводить до гибелі зерна в результаті розкладу вуглеводів, білків та ліпідів під дією власних і плеснівих ферментів.

З нашої точки зору важливою є задача розробки сучасних засобів визначення вологості та температури зерна в зерносховищах в реальному масштабі часу у визначених точках сховища. Ці засоби повинні мати можливість підключення до діючих або перспективних систем моніторингу стану різноманітних об’єктів, в тому числі і зерносховищ. При розробці таких засобів необхідно передбачити можливе розширення їх функціональності шляхом додавання вимірювання інших фізичних величин. При розробці засобів контролю треба широко використовувати безпровідні технології, на кшталт інтернету речей, які суттєво зменшують час розгортання систем контролю та практично не мають обмежень по кількості точок в яких проводяться вимірювання. Ці засоби будуть об’єднуватися в системи різноманітних конфігурацій з можливістю дистанційного доступу до отриманих в системі результатів вимірювання.

ОЦІНКА ВІДПОВІДНОСТІ РЕНТГЕНІВСЬКИХ МАМОГРАФІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ВИМОГАМ ТЕХНІЧНОГО РЕГЛАМЕНТУ

Бережний Д.В., Опришкіна М.І.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, Харків, Україна, 61002

Показник якості – це кількісна характеристика одного, або декількох властивостей товару, що належать до його якості. Показники якості можуть виражатися у різних одиницях і можуть бути безрозмірними, тому при розгляді показника слід розрізняти його найменування і значення. Найбільш універсальними, тобто застосовними до більшості товарів і послуг, є вимоги: призначення, безпеки, екологічності, надійності, ергономіки, ресурсозбереження, технологічності, естетичності. Згідно двом Законам України «Про стандартизацію і сертифікацію» і «Про захист прав споживачів» обов'язковими вимогами до якості товарів є безпека, екологічність, сумісність і взаємозамінність.

Метою роботи є підтвердження відповідності технічному регламенту рентгенівських мамографічних комплексів та підвищення точності обробки результатів багаторазових вимірювань. Шлях досягнення мети полягає в тому, що необхідно на персональному ЕОМ за допомогою методу Стьюдента зменшити похибку обробки результатів сертифікаційних іспитів.

У роботі виконано дослідження технічних характеристик комплексів рентгенівських мамографічних та методів їх випробувань з метою оцінки відповідності [1].

В роботі розглянуто результати випробувань дозиметру рентгенівського випромінювання ДКР 1103А, якій наведено на рис.1.



Рисунок 1 – Дозиметр рентгенівського випромінювання ДКР 1103А

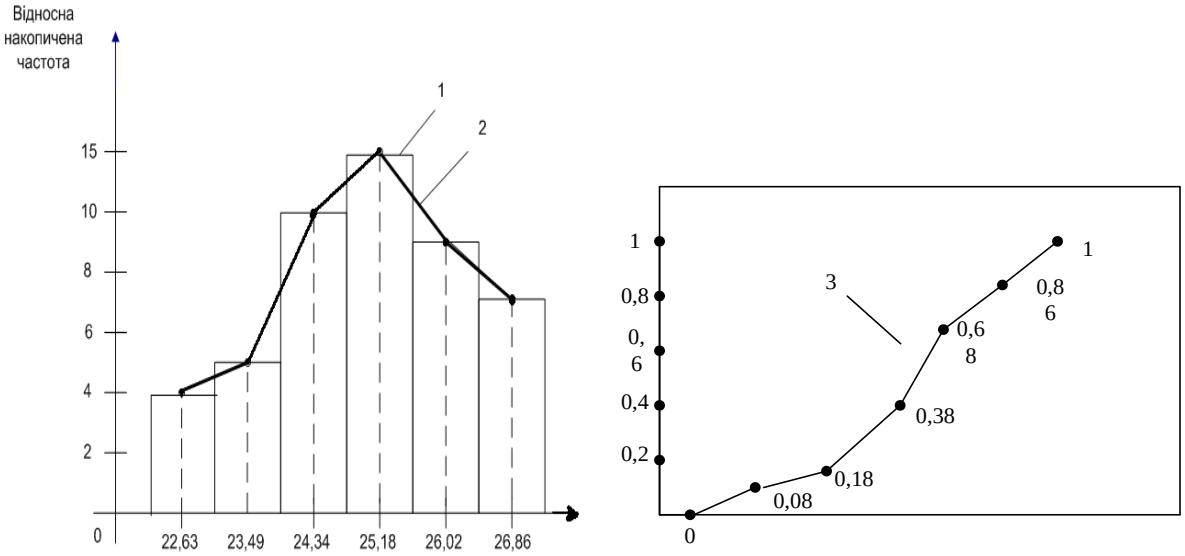
Цей прилад використовується для вимірювання потужності еквівалентної дози рентгенівського випромінювання. Вимірювальною величиною є H – потужність направленого еквівалента дози. Крім того, в цьому приладі є Детектор – сцинтилятор NaI(TI) натрієво-йодидний з домішками талію.

Діапазон вимірювання потужності дози Н від 0,05 до 100 мкЗв/г. Основна похибка вимірювання ±15%. Діапазон з енергією розбивається на 2 піддіапазони: 1. 5-25кеВ; 2. 15-160кеВ.

Постійно зростаючі вимоги до точності прямих вимірювань задовольняються використанням більш ефективних методів обробки результатів вимірювань, в тому числі, статистичної обробки багаторазових вимірювань.

В роботі було виконано статистичну обробку результатів прямих багаторазових вимірювань потужності еквівалентної дози рентгенівського випромінювання.

Кумулятивна лінія, гістограма і полігон розподілів, побудовані за даними розрахунків, зображені на рис. 2. Гістограма і полігон розподілів є графічним відображенням частот, які в свою чергу, є оцінки щільності вірогідності. Кумулятивна лінія – графік накопичених частот, що в свою чергу оцінюють функцію розподілу $H(x)$ в точці х.



1– кумулятивна лінія; 2 – гістограма розподілу; 3 – полігон розподілу

Рисунок 2 – Графічне зображення розподілення частот

Встановлено, що з заданою вірогідністю, емпіричні дані не суперечать гіпотезі про нормальність закону розподілу, тобто гіпотеза про те, що спостережувані частоти розподілені нормально, приймається на 10% рівні.

Список літератури

1. ДСТУ ISO 13485:2005. Вироби медичні. Система керування якістю. Вимоги щодо регулювання (ISO 13485:2003, IDT). – Введений з 01.01.2006.

БАГАТОПАРАМЕТРИЧНА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕПЛОВОЗНОЇ ДИЗЕЛЬНОЇ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ

Борисенко А.М., Кубрик Б.І., Лавріненко О.В.
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, вул. Кирпичова 2, 61002, lavrinol2004@gmail.com

Алгоритм функціонування багатопараметричної системи діагностування тепловозної дизельної енергоустановки ґрунтується на порівнянні поточних значень діагностичних параметрів дизеля з еталонними при однакових режимах його роботи. В якості діагностичних обрані параметри, що дозволяють оцінювати технічний стан основних вузлів і агрегатів дизеля і володіють найбільшою інформативністю. Режими роботи вибираються в залежності від конкретних умов випробувань або експлуатації агрегатів. Зокрема, при бортовому діагностуванні силової установки доцільно оцінювати технічний стан її на тих режимах тепловозної характеристики, на яких вона працює найбільш часто. В процесі реостатних випробувань дизель-генератора також доцільно проводити діагностування на режимах тепловозної характеристики. У цьому випадку алгоритм діагностування, еталонні значення параметрів та їх допуски можуть бути такими ж, як і при діагностуванні на борту тепловоза. Якщо ж оцінюється технічний стан вузлів дизеля на швидкісних режимах тепловозної характеристики, але без навантаження, то зазначеного збігу еталонних значень і допусків не буде. Сам алгоритм діагностування також може істотно змінитися.

При виконанні цієї роботи був побудований алгоритм функціонування бортової системи для тепловозного дизель-генератора типу 10Д100. В якості діагностичних параметрів цієї системи використовуються (рис.1):

– температура випускних газів з циліндра ($T_ц$);
– положення рейок паливних насосів ($h_р$);
– частота обертання колінчастого вала дизеля (n);
– частота обертання ротора турбокомпресора ($n_{тк}$);
– потужність дизель-генератора (N);
– тиск наддувочного повітря (T_s);
– тиск газів перед турбіною (P_m);
– температура надувного повітря (T_s);
– температура навколишнього середовища (T_0).

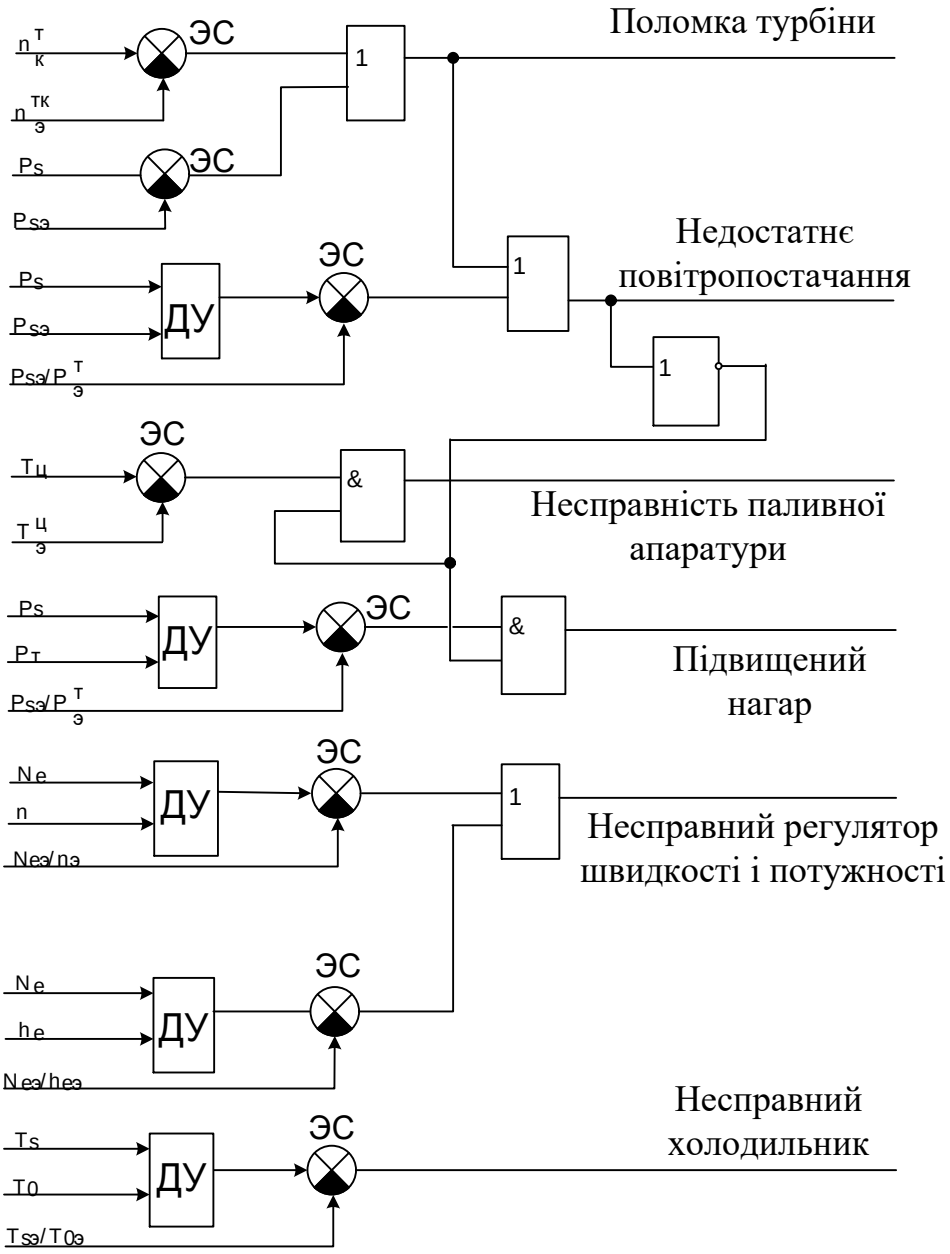


Рисунок 1 – Блок-схема багатопараметричної системи діагностування дизельної енергоустановки

Тиск наддувочного повітря в ресивері і газів перед турбіною вимірюється за допомогою електроманометра ЕДМУ-6Н, який формує постійну напругу, що пропорційна тиску. В якості первинних датчиків частоти обертання валу дизеля і ротора турбокомпресора, використовуються індукційні датчики, які виробляють у кожному оберті по одному імпульсу. Переміщення рейок паливних насосів вимірюється індуктивним датчиком, осердя якого з'єднано з тягою рейок паливних насосів. Сигнал потужності дизель-генератора знімається з робочої обмотки амплістату. Система діагностування успішно пройшла випробування та впроваджена на ДП «Завод ім. В.О. Малишева».

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ЭКСПРЕСС КОНТРОЛЬ НЕМАГНИТНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Горкунов Б.М.[1)], Львов С.Г.[1)], Ермилов Д.А.[2)], Попова А.В.[1)]
[1)]***Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", ул. Кирпичёва, 2, Харьков, Украина,* 61002*, borys.horkunov@khpi.edu.ua***
[2)] ***Государственное предприятие "Харьковский региональный научно-производственный центр стандартизации, метрологии и сертификации", ул. Мироносицкая, 36, Харьков, Украина,* 61002*, ermik14031987@gmail.com***

Повышение технического и технологического уровня промышленных предприятий при производстве конкурентоспособной продукции немыслимо без использования методов и приборов неразрушающего контроля, их постоянного развития. Характеристики металлических объектов в значительной степени обуславливаются структурой, поэтому приборы для определения таких характеристик называют структуроскопами. Электромагнитные структуроскопы разделяют на приборы для контроля в низкочастотных полях большой напряженности и в высокочастотных полях малой напряженности, а также приборы, использующие двух-, трех- и четырехчастотные возбуждающие поля.

Структуроскопия неферромагнитных металлов основана на измерении удельного электрического сопротивления (ρ), которое определяется температурой, внутренними механическими напряжениями, относительной концентрацией составных элементов у сплавов и другими факторами. Режим работы вихретокового преобразователя (ВТП) обычно соответствует обобщенному параметру $x \approx 3\ldots10$, т.е. несколько больше значения, обеспечивающего максимальную чувствительность к изменению σ, что позволяет измерять σ материала объектов контроля (ОК) малой толщины без дополнительной погрешности, связанной с изменением толщины ОК.

Новые подходы к проблемам вихретокового контроля не вытеснят существующие методы, так как на настоящей стадии развития многопараметровое оборудование и его настройка очень сложны и их применение возможно для решения специальных задач, недоступных традиционным методам.

Задачи проектирования ВТП для контроля металлических изделий различной конфигурации решаются, используя в качестве базовых результаты исследования, выполненных либо по приближенным методикам расчета, либо в двумерной идеализации ВТП. Основное внимание исследований направлено на разработку теоретических моделей для конкретной формы ОК и определенной ориентации зондирующего поля ВТП.

Метрологические характеристики ВТП зависят от способов обработки выходного сигнала, совершенствования измерительных трактов и от принципов их построения. Рациональные режимы работы преобразователя по точности и чувствительности контроля необходимо выбирать по обобщенному параметру физической модели ВТП и ОК.

Разработаны методы, включающие проведение измерительных процедур и вычислительных операций для случаев бесконтактного совместного контроля ρ и d для немагнитных образцов. А также контроль ρ при известном диаметре и контроль d при известном ρ. Найдены универсальные размерные и безразмерные функциональные зависимости, которые связывают обобщенные параметры ОК с электрическими сигналами преобразователя.

Получены основные функции преобразования ВТП при совместном контроле ρ и d немагнитных металлических изделий для различных схем включения и режимов работы ВТП, а также получены функции преобразования для частных случаев неразрушающего бесконтактного контроля одного из параметров изделия при известном значении второго.

Получены основные соотношения для оценки погрешностей и чувствительности ВТП и проведено сравнительный анализ работы ВТП, с помощью которого реализуется несколько методов одновременного бесконтактного контроля ρ и d немагнитных металлических изделий цилиндрической формы, с целью определения условий, при которых предпочтительней применение того или иного метода.

Приведены зависимости погрешностей контроля электрических и геометрических параметров цилиндрического изделия в широком частотном диапазоне изменения электромагнитного поля (или обобщенного параметра x) для различных модификаций метода.

Выполнен анализ поведения погрешностей γ_ρ и γ_d при совместном контроле ρ и d по измеренным значениям амплитуды и фазы выходного сигнала ВТП, который показывает, что существует рациональный режим работы ВТП, при котором $\gamma_\rho \le 0{,}5$ % и $\gamma_d \le 0{,}2$ %. Разница лишь в том, что минимум погрешности достигается при различных значениях x ($x \approx 2{,}5$ для метода с измерениемU_Σ и φ_Σ и $x \approx 3{,}5$ для метода с измерением $U_{вн}$ и $\varphi_{вн}$). В случае однопараметрового контроля ρ при компенсации эффектов воздушного зазора, погрешность контроля по фазе γ_{ρ_φ} достигает минимума при малых значениях $x < 2{,}5$, а по амплитуде γ_{ρ_K} достигает малых значений при $x \ge 2{,}5$, т.е., задавшись определенным значением γ_ρ, можно значительно расширить диапазон контроля ρ по сечению образца.

БЕСКОНТАКТНЫЙ КОНТРОЛЬ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЯХ

Горкунов Б.М., Львов С.Г., Салиба Абдел Нур, Железняк О.А.
Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", ул. Кирпичёва, 2, Харьков, Украина,* 61002*, borys.horkunov@khpi.edu.ua

К настоящему времени повышенный научный и практический интерес представляет развитие и совершенствование методов и средств для определения физико-механических величин с помощью механических, электрических, электромагнитных, и других видов измерений. Механические воздействия на различные объекты разделяются на сосредоточенные и распределённые усилия и крутящие моменты [1].

Контроль механических свойств металлических изделий (труб, прутков пластин и т.д.) является актуальной задачей, так как в основном именно прочностные характеристики определяют надёжность и долговечность изделий. Традиционные методы контроля с помощью разрывных машин универсальны, однако они являются разрушающими методами. Испытаниям не могут быть подвергнуты 100% готовой продукции, кроме того, они не могут использоваться для контроля изменения механических свойств изделия в процессе эксплуатации и, следовательно, прогнозировать его долговечность и остаточный ресурс. Наиболее целесообразными являются неразрушающие методы контроля механических напряжений, силы, давлений, которые и рассмотрим в данном разделе.

Весьма актуальна задача создания средств контроля и технической диагностики различного рода машин, механизмов и элементов их конструкций при динамических режимах работы. В работе рассмотрен электромагнитный метод и даны теоретические описания работы электромагнитного преобразователя с цилиндрическим нагружаемым проводящим изделием в широком динамическом диапазоне, как по напряженности зондирующего поля, так и по частоте сигнала.

Получены выражения, описывающие работу ТЭМП при реализации амплитудного и фазового методов, физический смысл которых заключается в устанавлении зависимости эдс ТЭМП и ее фазы от механического напряжения.

Разработан метод, позволяющий установить зависимость частоты зондирующего поля от механического напряжения $\sigma_м$. Суть которого заключается в том, что изменяют частоту до тех пор, пока эдс ТЭМП (или ее фаза) с нагруженным изделием сравняется с эдс (или фазой) при отсутствии в изделии механического напряжения. Приведены выражения, описывающие работу ТЭМП при реализации переменно-частотного метода

Создан алгоритм расчета ожидаемых значений сигналов ТЭМП при изменении механического напряжения $\sigma_м$ в изделии, который заключается на

том, что по заданным значениям $\sigma_м$ находят изменения $\mu_r(\sigma_м)$ (или $\sigma(\sigma_м)$), а затем, пользуясь универсальными функциями преобразования и полученными формулами, рассчитывают значения результирующей эдс ТЭМП и ее фазы, с помощью которых можно подобрать измерительную аппаратуру для дальнейших исследований трех методов определения физико-механических величин изделия (амплитудного, фазового и переменно-частотного).

Рассмотрены схемы включения преобразователя с нагружаемым изделием. Так же приведена схема, реализующая амплитудный и фазовый методы контроля механических напряжений, с помощью которой можно компенсировать эффект влияния воздушного зазора, что позволяет повысить чувствительность преобразователя к механическим напряжениям.

Показано, что описанные методы целесообразно использовать при измерении больших механических напряжений, кроме того, с помощью амплитудного и фазового метода можно оценить распределение механического напряжения внутри изделия. Получены градуировочные характеристики преобразователя на основе амплитудного и фазового методов.

Описан переменно-частотный метод определения механического напряжения в цилиндрическом изделии и работающий на его основе преобразователь, который позволяет получить высокую разрешающую способность в широком диапазоне изменения механического напряжения.

Проводились эксперименты на заданных образцах с различными механическими напряжениями $\sigma_м$ изменялось от 0 до 11,32 МПа, при этом изменение частоты зондирующего поля составило порядка 400 Гц в оптимальном диапазоне измерения обобщенного параметра ($x(\sigma_м) \approx 2$).

Установлено воздействие механических напряжений на одно временное изменение продольной $\mu_r(\sigma_м)$ и поперечной $\sigma(\sigma_м)$, которое составило 40% и 10% соответственно.

Одновременный контроль за изменением относительной магнитной проницаемости $\mu_r(\sigma_м)$ и удельной электропроводимости $\sigma(\sigma_м)$ дает возможность объединить в одном электромагнитном преобразователе два физических эффекта: магнитоупругий и тензорезистивный, т.е. преобразователь может быть использован как для контроля механических напряжений ферромагнитных изделий, где преобладает изменение $\mu_r(\sigma_м)$, так и для слабо- и немагнитных материалов, где возникает тензорезистивный эффект.

Список литературы

1. Бида Г. В. Неразрушающий контроль механических свойств стального проката (обзор). Контроль прочностных и пластических свойств / Г. В. Бида // Дефектоскопия. – 2005. – №5. – С. 39–53.

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА АТОМНІЙ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Дроздова Т.В., Амедова І.А.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, Харків, Україна, 61002

Інтегрована система (ІС) управління – це частина системи загального менеджменту організації, що відповідає вимогам двох або більше стандартів на системи менеджменту та функціонуюча як єдине ціле.

Ідеологія системи управління якістю за моделлю ISO ґрунтується на використанні системи міжнародних стандартів, розроблених Міжнародною організацією зі стандартизації ISO.

На Южно-Українській атомній електростанції (ЮУАЕС) розроблена, документально оформлена та впроваджена інтегрована система управління, яка відповідає вимогам міжнародних стандартів ISO 9001:2015 «Quality management systems – Requirements», ISO 14001:2015 «Environmental management systems – Requirements with guidance for use», ISO 45001:2018 «Occupational health and safety management systems – Requirements» (рис.1) [1].



Рисунок 1 – Інтегрована система управління ЮУАЕС

Стандарт ISO 9001:2015 визначає вимоги, які організація буде виконувати, щоб задовільними потреби та очікування споживачів щодо якості.

Стандарт ISO 14001:2015 орієнтований на зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище на трьох рівнях: організаційному (через покращення «екологічної поведінки» організації в результаті дотримання екологічних стандартів); національному (через використання стандартів в державній екологічній політиці); міжнародному (через удосконалення умов міжнародної торгівлі екологічно безпечними товарами).

Вимоги стандарту ISO 45001:2018 спрямовані на забезпечення безпеки праці, її охорону та зниження людських втрат і втрат працездатності.

Вперше відповідність системи управління ЮУАЕС вимогам ISO 9001 була встановлена в 2006 році, ISO 14001 – в 2014 році, а OHSAS 18001 – в 2016 році та підтверджувалась впродовж наступних років згідно з процедурою сертифікаційного органу. Відповідність системи управління ЮУАЕС вимогам ISO 45001 була продемонстрована в 2019 році в рамках сертифікації інтегрованої системи управління ДП «НАЕК «Енергоатом».

Інтегрована система управління ЮУАЕС підтримується на належному рівні та постійно вдосконалюється. Для оцінки результативності ІС ЮУАЕС розроблена система моніторингу, яка складається з трьох рівнів (рис. 2).

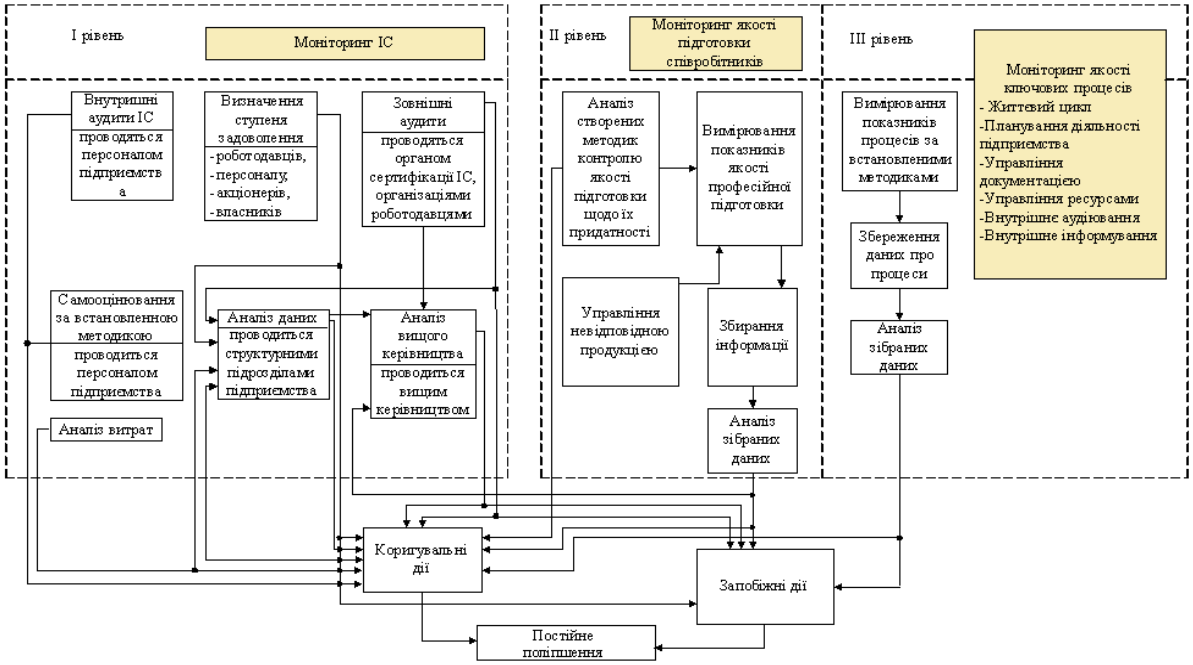


Рисунок 2 – Система моніторингу ІС ЮУАЕС

До I рівня системи моніторингу ІС увійшли такі елементи, як внутрішній аудит ІС, самооцінка, визначення ступеня задоволення усіх зацікавлених сторін, зовнішні аудити.

II рівень моніторингу пов`язаний з оцінюванням якості підготовки співробітників.

III рівень включає моніторинг якості ключових процесів, на яких базується розроблена ІС.

Отримані в процесі моніторингу дані є джерелами інформації для здійснення коригувальних і запобіжних дій, що сприяє постійному поліпшенню діяльності Южно-Української АЕС. Запропоновано проводити процедуру моніторингу ІС з періодичністю раз на 6 місяців.

Список літератури

1. Офіційний сайт ВП ЮУАЕС [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. Режим доступу: https://www.sunpp.mk.ua/uk/energocomplex/quality_system.

РОЗРОБКА МОДУЛЮ ВИМІРЮВАННЯ ВІДНОШЕННЯ СИГНАЛ-ШУМ

Жемелко Д.Д., Опришкіна М.І.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, Харків, Україна, 61002

Відношення рівню радіосигналу до шуму, розподіленому в каналі телевізійного мовлення безпосередньо впливає на якість зображення програми, а також її звукового супроводу в побутових телевізійних приймачах. Тому, для забезпечення належної якості сигналу на вході приймачів необхідний постійний контроль відношення сигнал-шум (ВСШ) як на виході головного обладнання, так і на всьому протязі розподільної мережі до абонентського відводу. Безперервний контроль ВСШ дозволяє виявити такі типові проблеми обладнання: несправність модуляторів, погіршення параметрів або вихід з ладу підсилювального обладнання, оптичних приймачів і передавачів. Також ВСШ дозволяє судити щодо оптимальності обраного режиму роботи обладнання.

Модуль вимірювання відношення сигнал-шум призначений для автоматичного цифрового виміру відношення розмаху відеосигналу до ефективного значенням завади на деталях статичного телевізійного зображення, а також в інтервалі кадрового імпульсу, що гасить під час передачі телевізійної програми.

Величина ВСШ може бути виміряна щодо розмаху відеосигналу між рівнями:

а) гасіння та білого;

б) чорного і білого;

в) гасіння та білого в інтервалі кадрового імпульсу, що гасить.

Модуль вимірювання ВСШ може бути використаний для вимірювання в сигналі монохромного телебачення на виході будь-якого джерела відеосигналу або будь-якої ділянки тракту зображення апаратно-студійного комплексу телевізійного центру або пересувної телевізійної станції; в первинних сигналах (R, G, B) кольорового телебачення на відповідних виходах камерного каналу або декодуючого пристрою; на виході телекінопроекціонної апаратури відеозапису; на виходах кінцевих і проміжних пунктів телевізійних ліній зв'язку в процесі передачі телевізійної програми і при передачі типових випробувальних сигналів.

Відношення сигнал / шум (англ. SNR, Signal-to-Noise Ratio) – безрозмірна величина, що дорівнює відношенню потужності корисного сигналу до потужності шуму [1]:

$$\mathrm{SNR} = \frac{P_{signal}}{P_{noise}} = \left(\frac{A_{signal}}{A_{noise}}\right), \qquad (1)$$

де P – середня потужність, а A – средньоквадратичне значення амплітуди.

Обидва сигнали вимірюють в смузі пропускання системи.

Зазвичай відношення сигнал / шум виражається в децибелах. Чим більше це відношення, тим менше шум впливає на характеристики системи.

$$\text{SNR(dB)}=10\text{Log}_{10}\left(\frac{P_{signal}}{P_{noise}}\right)=20\text{Log}_{10}\left(\frac{A_{signal}}{A_{noise}}\right). \qquad (2)$$

Високе відношення сигнал / шум на виході приймача означає високу якість зв'язку систем і низьку ймовірність помилки цифрових систем. У пристроях, що зараз використовуються, дуже складні процеси по знаходженню амплітуди, шуму або сигналу, що позначається на точності вимірювань. Тому завдання розробки приладу, який безпосередньо вимірює, а не обчислює відношення сигнал / шум, є актуальною.

Структурна схема пристрою наведена на рис.1.

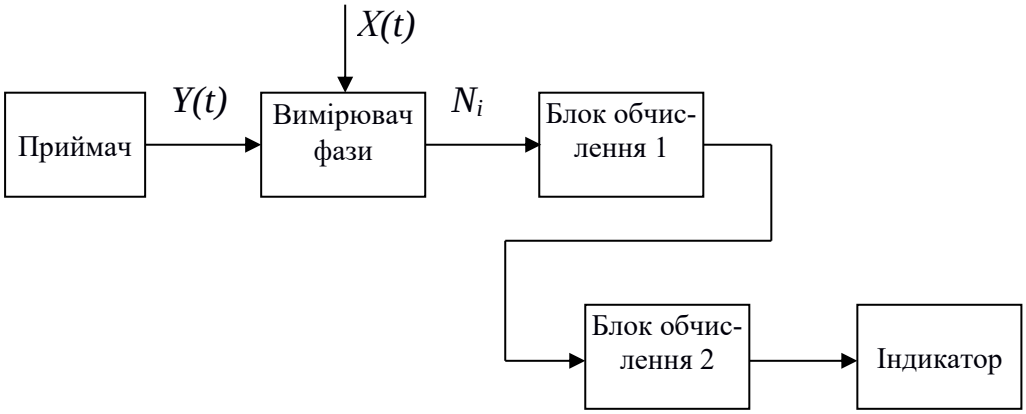


Рисунок 1 – Структурна схема пристрою

Пристрій визначення відношення сигнал / шум містить послідовно включені антену приймач, вимірювач фази, блок обчислення дисперсії фази, блок обчислення відношення сигнал / шум, індикатор.

Пристрій вимірювання відносини сигнал / шум працює в такий спосіб. Адитивна суміш корисного сигналу і вузькосмугового шуму формується антеною приймачем і надходить на вимірювач фази, де відбувається перетворення фазового зсуву між сигналами *y(t)* і *x(t)* у часовий інтервал, який заповнюється рахунковими імпульсами. Результат вимірювання фази є числа N_i, які підлягають статистичній обробці для визначення дисперсії фази.

Список літератури

1. Алмазов К. И. Коэффициент шума и его измерение на СВЧ / К. И. Алмазов. – Научный мир, 2000.

А.Д. НЕСТЕРЕНКО – ВИДАТНИЙ ВЧЕНИЙ У ГАЛУЗІ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ ТА ЕЛЕКТРОВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Лавріненко О.В.
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, вул. Кирпичова 2, 61002, lavrinol2004@gmail.com

Одним із найважливіших напрямів сучасної науки залишається висвітлення біографій вчених, дослідження їх впливу на становлення та виокремлення різних напрямів української науки та техніки. Особливе значення мають історичні наукові розвідки щодо постатей, які своєю організаційно-науковою діяльністю зробили вагомий внесок у розвиток електротехнічної галузі України у першій половині XX ст.

У 2019 р. виповнилося 120 років із дня народження видатного українського науковця у галузі приладобудування та електровимірювальної техніки, доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента АН УРСР – Анатолія Дмитровича Нестеренка.

А.Д. Нестеренко народився 6 квітня 1899 р. у родині сільського вчителя у селі Благодатне Миколаївської області [1]. У 1917 р., після закінчення гімназії, вступив до Київського політехнічного інституту (КПІ). Вже у період навчання розпочав свою професійну трудову діяльність, працюючи електромонтером в електротехнічних лабораторіях інституту.

Після закінчення КПІ та отримання кваліфікації інженера-електрика розпочалася його педагогічна та наукова діяльність. Спочатку А.Д. Нестеренко проводив лабораторні заняття, а вже згодом читав студентам такі спеціалізовані курси, як загальна електротехніка, світлотехніка та електричні вимірювання [2]. Після реорганізації у 1930 р. КПІ продовжив викладацьку діяльність у Київському енергетичному інституті (КЕІ), а у 1934–1936 рр. працював у Київському інженерному інституті (КІІ) на посаді штатного професора.

Його організаторські здібності розкрилися при відкритті вченим у 1926–1928 рр. лабораторії електричних вимірювань у КПІ. Робота зі студентами у лабораторії дала вченому змогу практично відпрацьовувати теоретичний матеріал лекційних курсів, та стала поштовхом щодо організації у 30-ті рр. низки спеціалізованих лабораторій на промислових підприємствах та у науково-дослідних інститутах Києва.

З 1931–1934 рр. А.Д. Нестеренко працював керівником робіт з електричних вимірювань у Київській філії наукового інституту Промислової енергетики, де на базі дослідного сектору розвивав новаторські методи конструювання електроприладів. У 1935 р. за конкурсом Всесоюзного науково-дослідного Інституту метрології ім. Д.І. Менделєєва за роботу із повірки вимірювальних трансформаторів отримав премію ім. Д.І. Менделєєва.

У 1938 р. вчений стояв біля витоків створення одного із перших приладобудівних підприємств України – Київського заводу електротехнічної апаратури [3]. А у 1945 р. організував у КПІ кафедру електроприладобудування, де під його плідним керівництвом сформувалася наукова школа з теорії електровимірювальних пристроїв, електроприладобудування та методів електричних і магнітних вимірювань.

У післявоєнний період А.Д. Нестеренко продовжив свій наукових шлях у академічних установах країни. З 1944–1947 рр. вчений працював в Інституті енергетики, з 1947–1963 рр. в Інституті електротехніки, спочатку на посаді керівника лабораторії електричних вимірювань, а у 1952–1959 рр. – на посаді директора інституту. У 1963–1975 рр. А.Д. Нестеренко керував відділом електричних і магнітних вимірювань в Інституті електродинаміки АН УРСР [4].

Методичним доробком А.Д. Нестеренко стали його спеціалізовані навчальні посібники, які сприяли підвищенню якості підготовки інженерних кадрів вищої електротехнічної школи. У посібнику «Основи розрахунку електровимірювальних схем врівноваження» (1960 р.) автором запропоновано раціональний підхід до проблеми проектування приладів, розроблена теорія електровимірювальних приладів та сформульовані методи їх розрахунку. У підручнику «Вступ у теоретичну електротехніку» (1969 р.) викладені основні закони електричних і магнітних явищ та особливу увагу приділено фізичній інтерпретації процесів із залученням аналогій, які було покладено в основу законів зміни електричних та магнітних кіл.

Отже аналіз наукової, організаційної та методичної діяльності професора А.Д. Нестеренка дає змогу вважати його одним із організаторів напряму електроприладобудування в Україні. Доробок вченого складається із понад 80 наукових праць, присвячених електричним та магнітним вимірюванням, теоретичним основам електротехніки, розробці теорії фазометрів та систем автоматичного врівноважування. Під його плідним керівництвом захистили свої наукові роботи 19 кандидатів та 4 доктори наук.

Список літератури

1. Інститут архівознавства Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського НАН України, ф. 131, оп. 2, спр. 6, арк. 9.

2. Державний архів м. Києва, ф. Р-308, оп. 1, спр. 824, арк. 17.

3. Тверитникова О. Є. Електротехнічна галузь України другої половини XX ст.: напрями розвитку і здобутки: монографія / О. Є. Тверитникова. – Харків : ТОВ «Тім Пабліш Груп», 2017. – 500 с.

4. Інститут електродинаміки НАН України. Історія інституту. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: http://www.ied.org.ua/ua/history. (дата звернення 18.11.2020).

СЕКЦІЯ 5. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МОДЕЛЮВАННЯ В ХІМІЧНИХ, ХАРЧОВИХ, ВИДОБУВНИХ ТА ПЕРЕРОБНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

РЕКОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМИ ТЕПЛООБМІНУ ПРОЦЕСУ РЕКТИФІКАЦІЇ СУМІШІ АЦЕТОН-БЕНЗОЛ З МЕТОЮ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Бабак Т. Г., Пономаренко Є. Д., Рябова І. Б.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002

Сучасні хімічні підприємства є великими споживачами енергоресурсів всіх видів. Значна частка витрат теплової енергії припадає на розділення рідких сумішей як при отриманні чистих готових продуктів, так і на стадіях підготовки сировини. Тому енергозбереження в процесах ректифікації є актуальним.

Зниження енергетичних витрат процесу в цілому з використанням пінч-аналізу призводить до зменшення собівартості вихідної продукції, підвищує рентабельність виробництва, а також покращує екологічний стан навколишнього середовища [1,2].

Удосконалення регенерації тепла безпосередньо пов'язано з оптимізацією і реконструкцією теплообмінних систем. Вибір оптимального варіанту (тобто пов'язаного з найменшими витратами на додаткову площу поверхні теплообміну і на структурні зміни мережі) з безлічі альтернатив є важливою складовою частиною проектування.

Розглядається процес розділення суміші ацетон-бензол. В існуючій схемі встановлено такі теплообмінники: кубовий випарник з навантаженням $Q_К = 3385{,}81$ кВт, дефлегматор з навантаженням $Q_Д = 3354{,}75$ кВт, охолоджувач дистиляту з навантаженням $Q_P = 69{,}1$ кВт, теплообмінник для первинного підігріву початкової суміші, що рекуперує тепло кубового залишку, з навантаженням $Q_W = 123{,}17$ кВт та підігрівач вхідної суміші з навантаженням $Q_F = 180$ кВт. Таким чином, потужність рекуперації складає 123,17 кВт.

Результати екстракції даних процесу було зведено у потокову таблицю (табл. 1).

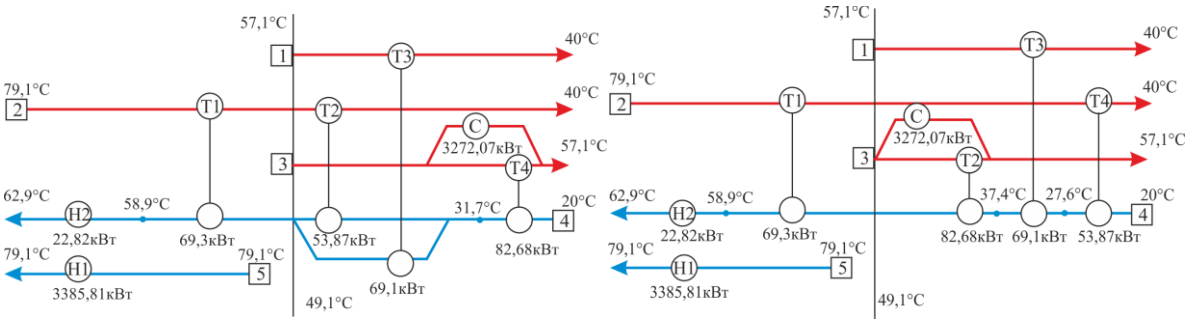
Таблиця 1. Таблиця даних потоків процесу ректифікації суміші ацетон-бензол

№	Потік	Тип	T_s, °C	T_t, °C	g, кг/с	c, кДж/(кг·К)	r, кДж/кг	CP, кВт/К	ΔH, кВт
1	*P*	гарячий	57,1	40	1,806	2,237	–	4,041	69,1
2	*W*	гарячий	79,1	40	1,694	1,806	–	3,15	123,17
3	*G*	гарячий	57,1	57,1	6,648	–	398,09	–	3354,75
4	*F*	холодний	20	62,9	3,5	2,019	–	7,067	303,17
5	куб	холодний	79,1	79,1	6,648	–	–	–	3385,81

Для реконструкції системи теплообмінників було обрано значення $\Delta T_{\min} = 8°C$, що відповідає з одного боку процесу, що розглядається, з іншого – може бути реалізовано при використанні пластинчатих теплообмінників, що плануються для встановлення.

Побудова складених кривих та їх розташування для $\Delta T_{\min} = 8°C$ дозволило визначити, що мінімальна потрібна потужність гарячих утиліт (зовнішніх енергоносіїв) $Q_{H\min}$ складає 3414,03 кВт, холодних утиліт $Q_{C\min}$ – 3272,07 кВт, потужність рекуперації Q_{rec} – 274,95 кВт.

В загальному випадку існують ступені свободи при розташуванні теплообмінного обладнання при обов'язковому досягненні енергетичних цілей. Було запропоновано два варіанти розміщення теплообмінного обладнання (рис. 1а, 1б).



а) б)

Рисунок 1 – Сіткова діаграма розміщення теплообмінного обладнання: варіант 1 – (а), варіант 2 – (б)

На основі отриманих сіткових діаграм було проведено підбір теплообмінного обладнання на позиції H2, T1, T2, T3, T4 виробництва фірми Alfa Laval з використанням прикладного пакету CAS 2000 [3], що показав, що варіант 2 потребує менші капітальні вкладення на реконструкцію. З урахуванням вартості природного газу [4] вкладення коштів на реконструкцію забезпечить річний прибуток 350484 грн. та термін окупності приблизно один рік.

Список літератури

1. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский и др. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2000. – 456 с.

2. Kemp I.C. Pinch Analysis and Process Integration. A User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy / I.C. Kemp. – Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA, 2007. – 396 p.

3. https://alfalavalonline.sharepoint.com/sites/partners

4. http://www.naftogaz.com/files/Information/Naftogaz-gaz-prices-ne-PSO- August-2020.pdf

РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ТЕПЛОВОЇ ІНТЕГРАЦІЇ АМІАЧНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Биканов С.М., Бабак Т.Г., Биканова В.В., Стоцький Р.С.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002

Енергозбереження на підприємствах є завжди актуальним питанням. Один із методів зменшення енергозатрат є теплова інтеграція технологічних процесів. Сучасним методом теплової інтеграції технологічних процесів є метод пінч аналізу, який дозволяє оптимізувати рекуперацію тепла на підприємствах і звести до мінімуму споживання гарячих та холодних утиліт [1].

Цей метод, спочатку, було застосовано для нафтохімічних виробництв, де існує велика кількість теплообмінного обладнання. Цим методом можна скористатись і на інших підприємствах, де застосовується теплообмінне обладнання і можлива рекуперація тепла. Покажемо застосування цього методу на прикладі теплової інтеграції аміачної компресійної холодильної установки, яка застосовується на харчових виробництвах.

Холодопродуктивність установки складала: Q_0=10^6 Вт, холодоагент – аміак, температури аміаку: в випаровувачі (-7°С), в конденсаторі (34°С). Схема дії такої установки є типовою для компресійної холодильної машини: пари аміаку всмоктуються компресором і стискаються, потім охолоджуються в конденсаторі, дроселюються і випаровуються у випаровувачі. Мета полягає в тому, щоб завдяки проведенню теплової інтеграції, забезпечити рекуперацію тепла, яке виділяється при конденсації аміаку, для нагрівання двох технологічних потоків: води на хімводоочистку (ХВО) і води на технологічні потреби. Теплова загрузка для потоку води на ХВО склала 650 КВт, цільова температура 30°С, води на технологічні потреби 350 КВт, цільова температура 65°С.

Для проведення теплової інтеграції обираємо необхідні технологічні потоки. Це гарячий потік аміаку, що конденсується, який ми представляємо як три потоки (охолодження газоподібного аміаку, конденсація, переохолодження); та два холодних потоку: вода на ХВО та вода на технологічні потреби. Їх температури, витрати, теплоємкості, потокові теплоємності, теплове навантаження було розраховано, а частково завдано (наприклад, цільові температури води). Розрахунок теплової загрузки ΔH (якщо був відсутній фазовий перехід) та потокових теплоємкостей CP здійснено за формулою:

$$\Delta H = G\,C\,(T_T - T_S) = CP\,(T_T - T_S)$$

Виходячи з розрахованих даних потоків сформовано потокову таблицю. На її основі побудовано складові криві гарячих та холодних потоків. Методом табличного алгоритму обчислено теплові баланси в межах

кожного температурного інтервалу, побудовано каскад табличного алгоритму. Для мінімальної різниці температур ΔT_{min} = 8°С знайдено цільові мінімальні значення гарячих та холодних утиліт. Вони склали: Q_{Cmin}=455КВт; Q_{Hmin}=297,73КВт.

На основі отриманих даних побудовано сіткову діаграму і розташовано теплообмінники з урахуванням дотримання *CP* та *N* правил (рис.1.).

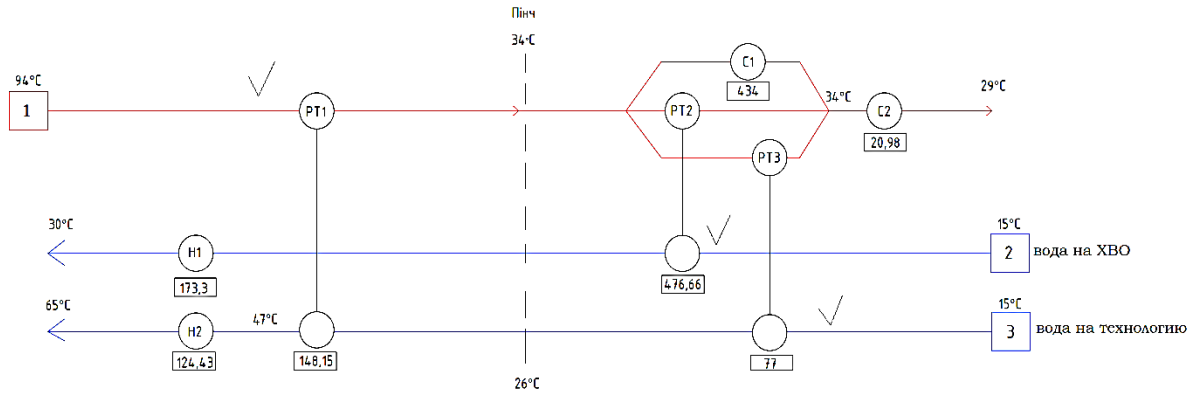


Рисунок1 – Сіткова діаграма після реконструкції

З діаграми видно, що потік аміаку нижче пінча розщеплюється на три потоки. Це пояснюється тим, що у підсистемі нижче пінча не виконується N правило і щоб забезпечити необхідну рекуперацію тепла, гарячий потік треба розщепити на три потоки. При цьому, кількість рекуперованого тепла для даної схеми, згідно розрахунків, склала Q_{Hmin}=701,8 КВт, для цього треба три рекуперативних теплообмінника.

На основі сіткової діаграми було побудовано енерготехнологічну схему інтегрованого холодильного процесу. Розраховано необхідну поверхню теплообміну і оцінено необхідне теплообмінне обладнання. В якості теплообмінників для даної схеми розглядались пластинчасті теплообмінники. З урахуванням їх вартості та затрат на автоматизацію і проектування, приблизний строк окупності складав біля двох років.

Таким чином, було проведено теплову інтеграцію компресійної холодильної установки в результаті якої тепло конденсації аміаку використовується для підігрівання двох технологічних потоків води до температур 30 і 65°С.

Список літератури

1. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит , Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский и др. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2000. – 456с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЕКСТРАГУВАННЯ РЕЧОВИНИ В СИСТЕМІ ТВЕРДЕ ТІЛО–РІДИНА

Ведь В.Є., Горбунов К.О., Пономаренко Г.В., Толчинський Ю.А., Горбунова О.В.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002

Одним з основних процесів хімічної, фармацевтичної та біотехнологічної галузей є екстрагування речовини в системі тверде тіло-рідина. Цей процес має дві стадії:

– перша стадія масообміну усередині твердого тіла, яка носить дифузійний характер;

– друга стадія має гідродинамічний характер.

У реальних технологіях в ролі твердого тіла виступають частки, що пов'язані між собою завдяки міжчастковому контакту. Самі частки можуть мати складну структуру, наявність якої намагаються так чи інакше врахувати при описі процесу внутрішньочасткової дифузії. При цьому коефіцієнти дифузії найчастіше визначаються експериментальним шляхом. При математичному описі гідродинамічна стадія процесу використовує різні моделі внутрішнього простору агрегатів часток. Такі моделі застосовують результати рішення гідродинамічних завдань в галузях різної геометричної форми і бувають детермінованими і недетермінованими.

Традиційно дифузію і масопередачу розуміють як процеси, що описуються рівняннями Фіка і це є результатом моделювання різноманітних явищ, що супроводжують перенесення речовини. Усю безліч явищ можна упорядкувати за ознаками постійності коефіцієнта дифузії. Процеси, в яких коефіцієнт дифузії вважається постійним, можна ускладнити введенням різних просторово і поверхнево розподілених джерел і стоків, і обліком кореляцій між частками в різних порядках.

Процеси, в яких коефіцієнт дифузії не можна вважати постійним, можуть бути, у свою чергу, поділені на дві групи. До однієї групи слід віднести процеси, що відбуваються в однорідному середовищі із залежним від концентрації коефіцієнтом дифузії. До іншої групи слід віднести процеси перенесення речовини в неоднорідних середовищах.

Такі середовища є складною композицією однорідних середовищ з різними коефіцієнтами дифузії. Складний характер перенесення речовини в таких середовищах обумовлений міжфазними явищами і різною природою перенесення в різних елементах композиції (молекулярна дифузія, конвекція).

Для однорідних матеріалів коефіцієнт дифузії найчастіше є скалярною характеристикою і зазвичай знаходиться з даних експерименту. Ускладнення дифузійного перенесення в клітинних системах викликане

наявністю клітинних стінок (мембран) і неоднорідної багатофазної структури. Мембрани мають властивості, що різко відрізняються від властивостей самих клітин. У цих стінках часто є присутніми спеціальні речовини, що є переносниками речовин – учасників клітинного обміну.

Мікронеоднорідна багатофазна структура клітин обумовлена безліччю різноманітних внутрішньоклітинних включень, розміри і фазовий стан яких змінюється у широких межах.

Суть екстракції, як одного з методів отримання речовин, полягає у селективному витягу певної речовини із складної суміші, що знаходяться в хімічному або фізико-хімічному зв'язку.

Цей процес включає масопередачу як складову частину, але не зводиться до неї. Поза проблемним полем масопередачі є процес селективного відбору однієї з декількох певних речовин, яка являє собою сукупність хімічних реакцій. Тому будь-який опис процесу екстракції без урахування цієї обставини не може у повній мірі охоплювати усю сукупність спостережуваних явищ.

Вважаючи, що екстракція включає стадію хімічних реакцій, слід розглядати й кінетичні закономірності цих реакцій. Існує ціла ієрархія кінетичних механізмів, придатних для опису хімічної стадії процесу екстракції. У цій ієрархії можна вказати найпростіші механізми по аналогії з механізмами хімічної кінетики в неорганічному каталізі. Значний експериментальний і теоретичний матеріал у цій області демонструє величезну різноманітність режимів протікання реакції. Подібної різноманітності природньо чекати від хімічної стадії процесу екстракції, якщо використовувати прості псевдокаталітичні реакції. Останній термін вказує на елементи подібності з каталітичними реакціями, що полягають в утворенні проміжних сполук між реагентами та розчинником.

Одже, авторами розглядаються принципи моделювання процесу екстрагування у системі тверде тіло–рідина. Прийнято, що тверде тіло є агрегатом частинок, що деформуються, усередині яких знаходиться речовина, що витягується. Розглянуто дві стадії процесу – дифузійна і гідродинамічна. Для дифузійної стадії запропоновано розглядати процес внутрішнього перенесення, як сукупність псевдокаталітичних реакцій між молекулами екстрагента і речовини, що витягується. У рамках цього підходу показаний зв'язок між коефіцієнтом дифузії і структурою частинок для випадку їх клітинної будови. Для гідродинамічної стадії сформульована рамкова модель порового простору, яка є детермінованою і двохмасштабною та враховує можливі зсувні й об'ємні деформації частинок. Наведено загальний вигляд коефіцієнтів дифузії та масопередачі для системи: тверде тіло–рідина.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТОМОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ ЯК ПОКАЗНИКА, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЄ ГОТОВНІСТЬ КОКСУ

Владимиренко В.В.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 61002, м. Харків, віл. Кирпичова, 2,
e-mail: vladislavavladimirenko@gmail.com

Актуальність роботи зумовлена необхідністю пошуку ефективного методу оцінки готовності металургійного коксу, оскільки саме цей показник використовується для встановлення температур в опалювальній системі коксових печей згідно з п. 10.181 ПТЕ-2017 [1].

Метою роботи було теоретично та експериментально обґрунтувати взаємозв'язок питомого електричного опору з готовністю коксу.

Теоретично обґрунтовано, що вугілля є діелектриком через наявність в бічних ланцюгах його макромолекули великої кількості σ-зв'язків, утворених вуглецем у стані sp^3-гібридізації, які характеризуються значною шириною забороненої енергетичної зони (до 6 еВ) і тому електрони цих зв`язків практично не можуть потрапити до зони провідності і стати носіями електричного струму. При коксуванні внаслідок глибокого крекінгу макромолекули практично позбавляються бічних ланцюгів і переважна частина вуглецю в коксі знаходиться у вигляді конденсованих поліароматичних структур. Для таких структур характерна *sp*-гібридизація електронних оболонок вуглецевих атомів. Ці електрони мають значно меншу ширину забороненої зони, що не перевищує 2 еВ, тому вони порівняно слабко пов'язані з ядрами атомів і можуть досить легко переходити в зону провідності, стаючи таким чином носіями електричного струму і зменшуючи питомий електричний опір коксу.

Експериментально встановлено, що зі збільшенням готовності кількість електронів, здатних ставати носіями струму, збільшується, і електричний опір коксу зменшується одночасно зі зміною комплексу його споживацьких властивостей. Об'єктами дослідження були три проби експериментального високореакційноздатного коксу, три проби доменного коксу поліпшеної якості та дві проби експериментального високореакційноздатного коксу, призначеного для використання як відновник у феросплавному виробництві. Кокс був отриманий з шихти, що містила 70 % газових, 20 % жирних та 10 % коксового вугілля.

Експериментальні дані дослідження всіх восьми проб наведені в табл.1, з них видно, що, поряд із складом вугільних шихт та умовами їх підготовки, які зумовлюють технологічні властивості сировини для коксування, на властивості коксу помітний вплив справляють технологічні параметри коксування та післяпічної обробки коксу.

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень.

Характеристика проби	Маса наважки, г		Вихід летких речовин		Питомий опір, Ом×см	Реакційна здатність ДСТУ7664:2014, $см^3/(г×с)$ [2].
	Початкова m_o	Кінцева $m_к$	Масовий V^a_G, %	Об'ємний V^a_V, $см^3/г$		
Експериментальний кокс проба 1	1,0012	0,9786	2,26	34,71	0,104	0,76
Експериментальний кокс, проба 2	1,0029	0,9856	1,72	14,54	0,130	1,54
Доменний кокс, проба 1	1,0177	1,0094	0,82	8,80	0,106	0,33
Доменний кокс, проба 2	1,0070	1,0015	0,55	8,12	0,120	0,31
Доменний кокс, проба 3	1,0074	0,9981	0,91	12,12	0,113	0,32
Експериментальний кокс, проба 3	1,0073	0,9993	0,79	9,10	0,093	0,53
Експериментальний кокс проба 4	1,3629	1,3455	1,28	54,6	0,201	2,32
Експериментальний кокс проба 4	1,0002	0,9813	1,89	23,9	0,119	0,83

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що на їх підставі можна визначити раціональний комплекс прийомів післяпічної підготовки коксу для різних напрямків його використання у відповідності з вимогами конкретних споживачів. Зокрема, подрібнюючи найкрупніші (та найменш готові) класи доменного коксу, можна поліпшити його характеристики. За допомогою яких оцінюються готовність та весь комплекс споживацьких властивостей доменного коксу. В той же час таку операцію для феросплавного коксу робити не варто, оскільки це зменшує питомий електричний опір коксу та ефективність роботи феросплавних електропечей.

Список літератури

1. ПТЕ-2017 Правила технічної експлуатації коксохімічних підприємств. Затв. наказом УНПА «Укркокс» № 18 від 29.12.2017. Введені в дію 01.07.2018. – Харків: ДП «ГИПРОКОКС», 2018. – 285 с.

2. Мирошниченко Д.В. Состав и свойства коксующихся углей. Методы анализа. Классификация и кодификация углей / Д.В. Мирошниченко // Справочник коксохимика. 3-е изд. В 6 т. Т. 1. – Харьков: ИД «ИНЖЭК», 2010. – С. 19–109.

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВІТЧИЗНЯНИХ ПРОМИСЛОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Капустін А. С., Миронов А. М., Ільченко М. В.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002

Наразі Україну відносять до енергодефіцитних країн Європи. На сьогоднішній день наша країна задовольняє свої потреби у паливно-енергетичних ресурсах (ПЕР) за рахунок власного видобутку менш, ніж на 50%. Видобуток власних ПЕР значно зменшився у останні роки через різні причини, у тому числі, й політичні. Сучасний видобуток енергетичних ресурсів у існуючих гірничо-геологічних умовах є неконкурентноздатним, тобто потребує імпортування енергоресурсів. Це перш за все відноситься до видобутку газу і нафти, які є основними енергоресурсами для різних галузей економіки України. Ситуація у вугільній промисловості не є кращою. Більшість шахт мають низькі економічні показники, тяжкі умови праці, тому з кожним роком кількість працюючих шахт скорочується, незважаючи на те, що залишків вугілля у місцях видобутку вистачило б на сотні років вперед. Виходячи з цього, велика кількість паливно-енергетичних ресурсів імпортується з інших країн. Це відіграє велику роль у формуванні ціни на енергетичні ресурси на внутрішньому ринку, зокрема на потреби промислових підприємств.

До найбільш великих промислових підприємств України відносяться саме ті, які використовують для переробки хіміко-технологічні процеси. Виробництво продукції підприємств хімічної галузі є енергоємним, тому у собівартості окремих хімічних продуктів витрати на природний газ становлять 70-85%. Щорічно у галузі споживається від 6 до 8,5 млрд $м^3$ природного газу, тобто більше 10% від усього обсягу, спожитого у країні.

До основних проблем підприємств хімічної промисловості можна віднести високу енергоємність виробничих процесів, нераціональність використання енергоресурсів, застосування застарілого технологічного обладнання на виробництві, яке споживає надмірно велику кількість енергетичних ресурсів. Більшість таких підприємств залишилися без модернізації після часів СРСР, а тому вони є не тільки застарілими, але й економічно невигідними. Такі особливості виробничих процесів на хімічних підприємствах, як безперервність та багатотоннажність, призводять до того, що навіть відносно невисокі зниження енерговитрат та підвищення якості товарних фракцій забезпечують значний економічний ефект для виробництва та підприємства у цілому.

Зростання цін на нафту і природний газ та посилення екологічних стандартів призвели до значного збільшення витрат, пов'язаних із енергоспоживанням, й виявили необхідність підвищення ефективності використання енергії на підприємствах, зокрема хімічної промисловості. Тому більшість

українських підприємств потребують реконструкції, а при будівництві нових підприємств необхідно використовувати сучасні енергозберігаючі методи проектування.

Один з таких методів відомий сьогодні під назвою «пінч-аналіз». Для діючих підприємств хімічної промисловості, більшість з яких запущені в експлуатацію у 60-70-х роках минулого століття, застосування пінч-технології дозволяє досягти зниження споживання енергоресурсів та, відповідно, фінансових платежів за них, на 30-50%, а у низці випадків на окремих установках – до 70%. При цьому термін окупності проектів реконструкції, розроблених з використанням методу пінч-аналізу, як правило, не перевищує двох років. Доцільність методів інтеграції процесів та, зокрема, пінч-проектування підкреслюється затребуваністю означеного підходу у країнах Західної Європи, Середньої Азії, на Близькому Сході, та у США, тож наразі й Україна має долучитися до його використання.

Промисловий досвід різних країн за останні сорок років чітко демонструє, що проектування нових підприємств із дотриманням заходів енергозбереження є набагато більш ефективним у порівнянні із досить коштовною модернізацією існуючих. Надмірний ступінь фізичного зносу та моральне старіння основних робочих фондів не залишають шансів для підвищення загального рівня енергоефективності у країні. Окрім того, навіть у модернізованого підприємства енерговитрати будуть на 15-35% вищими за аналогічні при експлуатації зовсім нового виробництва. Разом з тим, запровадження інтеграції процесів здатне вирішити досить глобальні екологічні питання у супутньому режимі: зі збільшенням рекуперації теплової енергії відбувається автоматичне зменшення шкідливих викидів.

Наявна сьогодні надмірна енергоємність промислових виробництв є безпосереднім наслідком загальної політики господарювання та існуючої недосконалості структури вітчизняної економіки. Окрім того, не менше за інші фактори посилює означену ситуацію й помітне техніко-технологічне відставання українських виробничих компаній та цілих галузей навіть від середнього рівня західних країн. У подібних умовах необхідні не тільки кількісні, але й якісні зміни – тобто модернізація або тотальна перебудова існуючих підприємств з урахуванням енергоощадного підходу та заходів з інтеграції процесів. Заради дотримання системності це має доповнюватися недопущенням побудови нових підприємств за старими принципами – навіть, якщо там передбачається використання новітнього обладнання.

Список літератури

1. Аналіз законодавства провідних зарубіжних країн та України щодо ефективного використання енергетичних ресурсів – Науково-технічний центр електроенергетики НЕК «Укренерго», Київ, 2013. – 89 с.

2. http://energy-efficiency.in.ua/energoeffektivnost-v-promyshlennost/

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСАДОЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Лаврова І.О.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2,
e-mail: inlavr68@gmail.com

Метою розробки метода було отримати можливість прогнозувати гідродинамічні і масообмінні характеристики нових насадок для абсорберів і ректифікаційних колон у порівнянні з характеристиками відомих. В цій роботі вибір основних параметрів насадки виконано на основі розробленого рівняння, що базується на порівнянні параметрів досліджуваної та відомої насадки в тотожних умовах конкретного процесу (уловлювання бензольних вуглеводнів з коксового газу). Це може бути виражено у вигляді:

$$h_2=h_1*\frac{(1+\Phi_1)}{(1+\Phi_2)}*\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^{1,2}*\left(\frac{w_1}{w_2}\right)^{0,8}*\left(\frac{f_1}{f_2}\right)^{0,8}, \qquad (1)$$

де h_1 та h_2 – висота одиниці переносу у відомій та досліджуваній насадках.

З аналізу поданого рівняння витікає, що поставлене завдання зниження h_2 порівняно з h_1 буде відповідати насадці, що має підвищені показники по питомій поверхні контакту фаз та енергії, витраченій газовим потоком на тертя між газом та рідиною при тотожних значеннях швидкості газу та вільного перетину насадок. Як відомий зразок прийнята пласкопаралельна насадка, а сотова насадка 25х25 мм була обрана нами як досліджуваний зразок.

У рівнянні (1) єдиною невідомою величиною є фактор гідродинамічного стану системи (Ф), еквівалентний енергії газового потоку, витраченій на тертя між газом та поглиначем. Ф визначається з рівняння:

$$\Phi=\frac{\Delta P_{г\text{-}ж}-\Delta P_г}{\Delta P_г}, \qquad (2)$$

де $\Delta P_{г\text{-}ж}$ и $\Delta P_г$ – втрати напору у двофазному та однофазному потоках відповідно при одних й тих самих витратах газу, Па. Величини $\Delta P_{г\text{-}ж}$ и $\Delta P_г$ можуть бути визначені на основі гідродинамічного моделювання насадочних елементів в системі повітря – вода, що і було зроблено у ході експериментальних досліджень.

На рис. 1 представлено схему стендової установки для визначення гідродинамічних характеристик насадок.

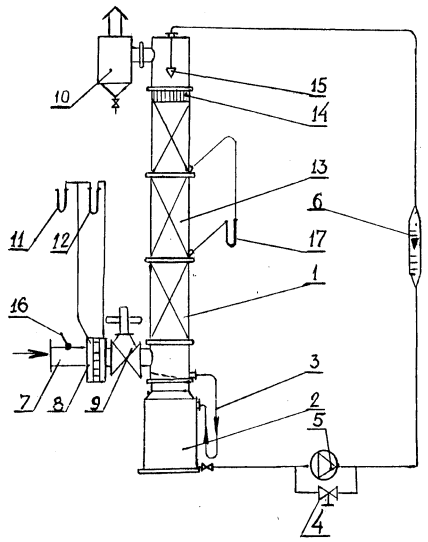


Рисунок 1 – Експериментальна стендова установка

Установка являє собою елемент дослідно-промислового скрубера діаметром 355мм і висотою насадки ~ 3,5м, оснащений вимірювальним комплексом (для вимірювання витрат повітря та зрошувальної рідини, тиску, температури та втрат напору).

Вимірювання гідравлічного опору сухих та зрошуваних насадок проводилося згідно з відомою методикою [1] на пакеті насадки сумарною вишиною 1м при діаметрі пакету, що дорівнює діаметру скрубера установки. Як моделююче середовище використовувались повітря та вода з подальшим перерахунком на коксовий газ, виходячи з умов тотожності значень чисел Рейнольдса для повітря та коксового газу. У кожному досліді проводилося 4-5 паралельних серій вимірів падіння тиску при різних швидкостях повітря у інтервалі 1,56-3 м/с, що еквівалентно швидкості коксового газу 2,4-4,6 м/с.

Із даних експерименту витікає, що у даному варіанті стільникової насадки при підвищеній питомій поверхні (на 16%), при практично тотожних втратах напору для сухих насадок значно підвищені втрати для зрошуваних, що вказує на підвищені витрати енергії газового потоку на утворення поверхні контакту фаз [2,3]. При підстановці відповідних значень в рівняння (1) отримуємо, що висота досліджуваної стільникової насадки, еквівалентна за ефективністю пласкопаралельній складає величину $h_2 = 0{,}68h_1$, тобто загальна висота насадженої частини апарату може бути зменшена на 30 – 32%.

Таким чином, розроблений метод дозволив розробити стільникову насадку і спрогнозувати її масообмінні характеристики для використання в якості насадки для бензольного абсорбера.

Список літератури

1. ПТЕ-2017 Правила технічної експлуатації коксохімічних підприємств. Затв. наказом УНПА «Укркокс» № 18 від 29.12.2017. Введені в дію 01.07.2018. – Харків: ДП «ГИПРОКОКС», 2018. – 285 с.

2. Рамм В.М. Абсорбция газов / В.М. Рамм. – Москва: «Химия», 1976. – 656с.

3. Масштабный переход в химической технологии / под ред. Розена А.М. – Москва: «Химия», 1980. – 320 с.

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ РЕЦЕПТУРИ МОЛОЧНОГО ЕМУЛЬСІЙНОГО ЛІКЕРУ

Півень О.М., Березка Т.О., Мольченко С.М., Сазонова Є.А.
НТУ «ХПІ», 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2, elpiven33@gmail.com

Лікеро-горілчана промисловість є перспективною галуззю харчової промисловості України, яка дуже швидко розвивається та має велику конкуренцію, через що на ринку алкогольних напоїв існує гостра потреба в нових продуктах. Тому був розроблений новий емульсійний лікеро-горілчаний напій «Кокосова осінь» на основі кокосового, коров'ячого, соєвого молока, водно-спиртової суміші, какао, кориці, ванілі та яєчного порошку із додаванням 5%-вого розчину солі та екстрактів м'яти і ванілі.

Метою дослідження було визначення на основі регресійного аналізу рецептури виготовлення напою для отримання оптимальних оцінок його якості за допомогою органолептичних методів.

Для харчової продукції крім лабораторних методів особливе значення мають органолептичні методи, що дозволяють оцінити дуже важливі споживчі якості продукту. Запах і смак харчових продуктів – це ознаки його доброякісності або дефектності. Тому в державні стандарти внесені всі органолептичні показники, що мають значення, а в стандартах на методи дослідження поряд з лабораторними описуються й органолептичні методи.

До органолептичних показників лікеро-горілчаної продукції відносять: стабільність, прозорість, колір, аромат і смак, повноту наливу, міцність, масову концентрацію загального екстракту, масову концентрацію цукру, масову концентрацію кислот.

Для таких показників, як колір, аромат та смак було проведено органолептичний аналіз. У лікеро-горілчаній промисловості органолептичну оцінку якості виробів проводять за 10-бальною системою.

Результати органолептичної експертизи було використано для проведення регресійного аналізу з метою визначення рецептури виготовлення напою для отримання ним оптимальних оцінок за органолептичними показниками.

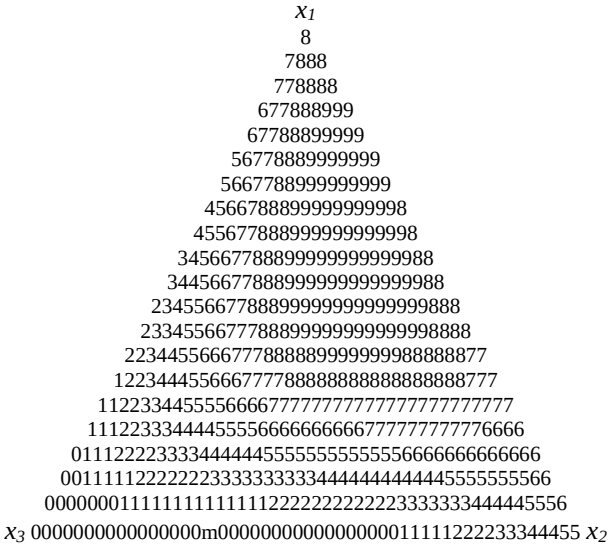
Найбільш поширеними для дослідження композицій сумішей є симплекс – гратчасті плани Шеффе. Для визначення залежності органолептичної оцінки *(y)* від концентрації розчину солі та рослинних екстрактів був реалізований факторний експеримент третього порядку.

Як незалежні змінні x_1, x_2 x_3 були розглянуті складові нового напою (x_1– об. частка 5%-вого розчину солі, x_2 – об. частка екстракту ванілі, x_2 – об. частка екстракту м'яти).

Рівняння регресії (зі статистично значущим коефіцієнтами), яке пов'язує склад речовин-факторів x_1, x_2 x_3 у напої із якістю його органолептичних показників, має вигляд:

$$y\,(x_1, x_2, x_3) = 9{,}47^* x_1 + 8{,}87^* x_2 + 7{,}68^* x_3) + 1{,}3725^* x_1^* x_2 - 0{,}6975^* x_1^* x_3) - \\ - 2{,}2725^* x_2^* x_3) + 0{,}7425^* x_1^* x_2\,(x_1 - x_2) + 0{,}4275^* x_1^* x_3)\,(x_1 - x_3)) - \\ - 1{,}1925^* x_2^* x_3)\,(x_2 - x_3)) + 27{,}6525^* x_1^* x_2^* x_3)$$

Після перевірки регресійної моделі на адекватність за критерієм Фішера було побудовано діаграму (рис.1), яка дозволяє графічно визначити у будь-якій її області залежність органолептичної оцінки напою «Кокосова осінь» від вмісту екстракту ванілі, екстракту м'яти та розчину солі, що входять до рецептури.



y

0 – відповідає інтервалу 7,66 : 7,88
1 - відповідає інтервалу 7,89 : 8,09
2 - відповідає інтервалу 8,10 : 8,31
3 - відповідає інтервалу 8,32 : 8,52
4 - відповідає інтервалу 8,53 : 8,74
5 - відповідає інтервалу 8,75 : 8,95
6 - відповідає інтервалу 8,96 : 9,17
7 - відповідає інтервалу 9,18 : 9,38
8 - відповідає інтервалу 9,39 : 9,59
9 - відповідає інтервалу 9,60 : 9,81

Рисунок 1 – Діаграма залежності органолептичної оцінки напою «Кокосова осінь» від концентрації розчину солі, екстрактів м'яти і ванілі.

Було розраховано значення y_{max} при значеннях: x1=0,53%; x2=0,32%; x3=0,15% у трьохкомпонентній системі. В цій точці y_{max} для перевірки адекватності отриманого рівняння регресії був проведений експеримент, який підтвердив, що при розрахованому співвідношенню компонентів в напої органолептична оцінка його найвища.

Таким чином, методом математичного моделювання обгрунтовані рецертурно-компонентні рішення, які забезпечують не тільки збалансованість огранолептичних властивостей, а також і високі споживчі властивості емульсійного лікеру за рахунок використання у складі напою тільки натуральних компонентів.

Список літератури

1. ДСТУ 4164-2003. Напої лікеро-горілчані. Правила приймання і методи випробовування.

2. Бондарь А.Г. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии / А.Г. Бондарь, Г.А. Статюха, И.А. Потяженко. – К.: Вища школа, 1980. – 264 с.

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ОДЕРЖАННЯ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН

Силаічев В.О.[1)], Подустов М.О.[2)]

[1)] Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, 61002, вул. Кирпичова буд. 2,
E-mail: qscvgyuk123@gmail.com

[2)] Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, 61002, вул. Кирпичова буд. 2,
E-mail: axts_ekm@ukr.net

Поверхнево-активні речовини (ПАР) широко використовуються у різних галузях народного господарства як емульгатори, диспергатори, змочувачі, з метою підвищення нафтовіддачі пластів, але більша частина використовується як основа миючих і піноутворюючих засобів.

Однією з основних стадій виробництва ПАР є стадія сульфатування органічних речовин у різних варіантах його апаратурно-технологічного оформлення, але найбільш значний інтерес становить плівкові реактори сульфатування органічної речовини низькоконцентрованим газоподібним триоксидом сірки які здатні забезпечити відповідний температурний режим процесу, а це в свою чергу дасть можливість одержати продукт високої якості [1,2].

Комп'ютерно-інтегроване управління (КІУ) – один з напрямків науково-технічного прогресу, що використовує саморегулюючі технічні засоби та математичні методи з метою звільнення людини від участі в процесах отримання, перетворення, передачі і використання енергії, матеріалів, виробів або інформації, або істотного зменшення ступеня цієї участі або трудомісткості виконуваних операцій. Автоматизація дозволяє підвищити продуктивність праці, поліпшити якість продукції, оптимізувати процеси управління, відсторонити людину від виробництв, небезпечних для здоров'я. Комп'ютерно-інтегроване управління, за винятком найпростіших випадків, вимагає комплексного, системного підходу до вирішення завдання. До складу систем автоматизації входять датчики (сенсори), пристрої введення, керуючі пристрої (контролери), виконавчі пристрої, пристрої виведення, комп'ютери. Застосовувані методи обчислень іноді копіюють нервові і розумові функції людини. Весь цей комплекс засобів зазвичай називають комп'ютерно-інтегрованими системами. Основна тенденція розвитку систем керування йде у напрямку створення комп'ютерно-інтегрованих систем, які здатні виконувати задані функції або процедури без участі людини. Роль людини полягає в підготовці даних, виборі алгоритму (методу рішення) і аналізі отриманих результатів. Проте присутність в розв'язуваних задачах або складно програмованих процедур пояснює широке поширення комп'ютерно-інтегрованих систем керування [3,4].

Метою відділення сульфатування є отримання сульфомаси заданої концентрації і необхідних споживчих якостей (параметрів). Для вирішення поставленої мети розроблена комп'ютерно-інтегрована система керування на базі сучасного промислового контролера ОВЕН ПЛК210 який забезпечує реалізацію наступних основних контурів регулювання [3]: температур початкової та осушеної органічної речовини у відповідних ємностях; температури в тубчастому плівковому реакторі; витрати органічної речовини до реактора; витрати суміші повітря та SO_3 до реактора, контроль концентрацій газоповітряного потоку до та після реактора.

Для забезпечення робочого місця оператора розроблена програма графічного відображення технологічного процесу за допомогою SCADA системи [4]. Головне вікно програми графічного відображення, розроблене з використанням TRACE MODE. У головному вікні програми графічного відображення показана структура відділення одержання поверхнево-активних речовин з можливістю інтерактивного керування ними.

На мнемосхемі також передбачені вікна керування з відображенням стану датчиків, регулювальних органів і поточних значень основних технологічних параметрів.

Список літератури

1. Правдин В.Г. Сульфирование и сульфатирование нефтехимических продуктов газообразным серным ангидридом в производстве ПАВ / В.Г. Правдин, М.А. Подустов, Д.И. Земенков – М.: ЦНИИТЭНефтехим. 1981. – 45 с.

2. Подустов М. О. Аналіз процесу сульфатування в трубчастому плівковому реакторі методом математичного моделювання / М. О. Подустов, А. І. Дзевочко, І. Г. Лисаченко, О. М. Дзевочко // Вісник НТУ «ХПІ». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 49 (1270). – С. 42–49.

3. Проектування систем автоматизації технологічних процесів: Навч. посібник / В.І. Тошинський, М.О. Подустов та ін. – Харків: НТУ «ХПІ», 2006. – 412 с.

4. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого керування: Навчальний посібник / В.Г. Трегуб. – К.: НУХТ, 2005. – 191с.

АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ВІДДІЛЕННЯМ РИФОРМІНГУ У ВИРОБНИЦТВІ АМІАКУ

Суродін О.Ю.[1)], Бабіченко А.К. [2)]

[1)] Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, 61002, вул. Кирпичова буд. 2,
E-mail: alexsurudin97@gmail.com

[2)] Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, 61002, вул. Кирпичова буд. 2,
E-mail: babichenko_a_k@ukr.net

Аміак – найважливіший напівпродукт азотної промисловості. Основні області його застосування: у виробництві азотної кислоти, сечовини, аміачної селітри, карбонату і сульфату амонію, амофосу, уротропіну, як рідке добриво або в якості холодоагенту.

У зв'язку з великим попитом людства в продуктах зв'язаного азоту (особливо азотних добрив) світове виробництво аміаку відноситься до великотоннажних виробництв, яке по загальному тоннажу поступається тільки виробництву сірчаної кислоти та кисню. Зауважимо, що в Україні виробництво аміаку посідає перше місце [1, 2].

На теперішній час основний спосіб отримання аміаку – переробка природного і попутного газу в агрегатах великих одиничних потужностей, що працюють за енерготехнологічною схемою. Суть її полягає в глибокій рекуперації теплоти реакції з отриманням пари високих параметрів, що використовується для приводу парових турбін всіх компресорів і насосів цього виробництва, а також для технологічних цілей. Основні стадії такої схеми:

– очищення природного газу від сірчистих сполук каталітичним гідруванням їх до H_2S з подальшим його поглинанням ZnO;

– парова конверсія природного газу під тиском в трубчастій печі;

– пароповітряна конверсія залишкового метану в шахтному конверторі;

– двоступенева парова конверсія оксиду вуглецю (II);

– очищення газу від оксиду вуглецю (IV) абсорбцією розчином моноетаноламіну або гарячим розчином поташу;

– очищення газу шляхом гідрування від залишкових оксиду вуглецю (II) і оксиду вуглецю (IV);

– компресія очищеного технологічного газу і синтез аміаку [1 – 3].

Через складність фізико-хімічних процесів на стадії риформінгу ведення цього процесу без АСУ – неможливе, тому на основі аналізу цілей управління даним процесом, запропоновані наступні основні контури [4]:

1. Регулювання тиску танкового природного газу на вході відділення риформінгу;

2. Регулювання тиску природного газу на вході відділення

риформінгу;

3. Регулювання витрати паро-повітряної суміші, клапан встановлено на лінії подачі пари до колектору ПВС;

4. Регулювання витрати паро-газової ссуміші що йде на конвертування до котла, клапан встановлено на лінії подачі пари в колектор КПГС;

5. Регулювання тиску природного газу на вході до пальників допоміжного котла;

6. Регулювання витрати паро-повітряної суміші на вході до шахтного конвертора;

7. Регулювання тиску паро-повітряної суміші на вході до шахтнорго конвертора;

8. Регулювання регулювання рівня води в охолоджувальній рубашці шахтного конвертора;

9. Регулювання рівня води в барабанах котлів-утилізаторів І ступеня;

10. Регулювання температури конвертованої паро-газової суміші на виході з котла-утилізатора ІІ ступеня, клапан встановлено на байпасній лінії котла;

11. Регулювання витрати природного газу.

Реалізація вищезазначених контурів виконана на базі програмованого логічного контролера ПЛК110 фірми ОВЕН УКРАЇНА [5].

Список літератури

1. Технологія зв’язаного азоту і хімічних добрив: технологія та алгоритми розрахунків виробництва технологічного газу. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 8.19 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 214 с.

2. Товажнянський Л. Л. Технологія зв’язаного азоту: підручник / Л. Л. Товажнянський, О. Я Лобойко та ін. – Харків.: НТУ “ХПІ”, 2007. – 536 с.

4. Шаруда В.Г. Методи аналізу і синтезу систем автоматичного керування: Навч. посіб./ Шаруда В.Г., Ткачов В.В., Фількін М.П. – Д.: Нац. гірнич. у–тет, 2008. –543 с.

5. Мікропроцесорні засоби в автоматизованих системах керування технологічними процесами / [Бабіченко А. К., Красніков І. Л., Бабіченко та ін.]; за ред. А. К. Бабіченка. – Х.: Вид-во ТОВ "Водний Спектр Джі-Ем-Пі", 2016 р.– 440 с.

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ТА ОЧИЩЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ У ВИРОБНИЦТВІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН

Тижненко А.О. [1] , Подустов М.О. [2]

[1] Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, 61002, вул. Кирпичова буд. 2,
E-mail: anton.tyzhnenko@gmail.com

[2] Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, 61002, вул. Кирпичова буд. 2,
E-mail: axts_ekm@ukr.net

Поверхнево-активні речовини (ПАР) отримали широке застосування в різних галузях народного господарства. У країнах СНД близько 60% їх загального обсягу використовується у виробництвах синтетичних миючих засобів (СМЗ).

З огляду на те, що перважна кількість ПАР закуповується за кордоном, можна сказати, що вітчизняні виробництва ПАР перебувають у вкрай важкому становищі.

Діючі підприємства, діяльність яких призводить до скидання відходів і викиду шкідливих речовин в навколишнє природне середовище, зобов'язані або мати спеціальне обладнання для переробки відходів і очищення шкідливих викидів, або проводити технологічні заходи для зниження відходів і шкідливих викидів.

Все це повною мірою відноситься до виробництв поверхнево-активних речовин (ПАР), які надають в даний час значний вплив на навколишнє природне середовище.

Основними стадіями виробництва ПАР, що визначають його екологічну безпеку є: стадія отримання газоподібного сульфатуючого агенту, стадія сульфатування органічних а також заключна стадія –нейтралізація та очищення газових викидів [1-4].

Сучасні підходи до зниження шкідливих викидів включають два напрямки:

1) удосконалення технологічного обладнання, яке відповідає за сам процес виробництва та обладнання з санітарного очищення [2-4];

2) розробка автоматизованих або більш сучасних – комп'ютерно-інтегрованої системи управління технологічними процесами (КІСУ ТП) на базі сучасних ПЛК.

Мета управління процесом нейтралізації – одержання розчину заданої концентрації, а також підтримка матеріального і теплового балансів. Для виконання цієї мети необхідне застосування наступних контурів регулювання:

1) рівня у всіх корпусах дозрівача та резервуарах збереження впливом на клапани що встановлені на трубопроводах подачі розчину у відповідний корпус;

2) концентрації розчину в дозрівачі впливом на клапан, встановлений на лінії підведення лугу з резервуара з постійним рівнем;

3) витрати на трубопроводі подачі реагентів у нейтралізатор;

4) температури розчину у всіх корпусах установки впливом на клапан подачі гарячої води з теплообмінника-підігрівача.

Мета управління процесом очищення газових викидів – одержання газоповітряного потоку з мінімальним вмістом шкідливих речовин. Для виконання цієї мети необхідне застосування наступних контурів регулювання:

1) стабілізація витрати розчину лугу, що подається до абсорбційної колони;

2) стабілізація рівня в буферній ємності розчину лугу.

КІСУ реалізована на базі контролера ОВЕН ПЛК150, крім контролера, інформація про роботу обладнання в реальному часі передається на рівень узагальненого контролю і надбання даних SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). На рівні SCADA ведеться сортування, перетворення і зберігання поточних даних, а також їх відображення на мнемосхемі процессу яка виконана в програмі TRACE MODE. Система SCADA дозволяє спостерігати процес в цілому, відстежувати аварійну інформацію, часові тенденції і статистичні характеристики процесу. При необхідності диспетчер передає узагальнені команди управління окремими технологічними потоками [5].

Список літератури

1. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества: свойства и применение / А.А. Абрамзон. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1981. – 304 с.

2. Кузнецов И.Е. Защита воздушного бассейна от загрязнения вредными веществами химических предприятий / И.Е. Кузнецов, Т.М. Троицкая. – М.: Химия, 1979. – 344 с.

3. Подустов М.А. Замкнутая схема нейтрализации продуктов сульфатирования и очистки газовых выбросов в производстве ПАВ / М.А. Подустов // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА. – 2004. – Вип. 27. – С. 67–72.

4. Подустов М. А. Очистка газовоздушного потока от диоксида серы в производстве ПАВ / М. А.Подустов, В. И. Тошинский // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2006. – № 4. – С. 64–68.

5. Трегуб В.Г. Основи комп’ютерно-інтегрованого керування: Навчальний посібник / В.Г. Трегуб. – К.: НУХТ, 2005. – 191с.

СТРУКТУРУВАННЯ ЕПОКСИДНИХ КОМПАУНДІВ СТРУМАМИ ВИСОКОЇ ЧАСТОТИ

Черкашина Г.М., Малихіна А.В., Логвінов С.А.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 61002, м. Харків, віл. Кирпичова, 2,
e-mail: annikcherkashina@gmail.com

Розробка нових полімерних матеріалів є одним з пріоритетних напрямків науки і техніки, так як забезпечує технічний прогрес в різних галузях виробництва. Не менший інтерес представляє пошук шляхів модифікації традиційних матеріалів.

В даний час для інтенсифікації процесів модифікації полімерних матеріалів широко використовуються електрофізичні методи, такі як пружні коливання звукового і ультразвукового діапазонів частот, віброобробка, лазерне, електронне, ультрафіолетове випромінювання і струми високої частоти.

Необхідність в альтернативних технологіях модифікації полімерів пов’язана з многостадійністю традиційних процесів, високими енерго- і трудовими витратами, екологічною напруженістю виробництва. Дослідження щодо застосування електрофізичних методів обробки матеріалів і виробів показали ефективність використання для цієї мети енергії високочастотних (ВЧ) електромагнітних коливань. Об'ємна обробка полімерних матеріалів і виробів дозволяє значно прискорити процес модифікації в порівнянні з іншими методами обробки, при цьому підвищується якість готових виробів, зменшуються термомеханічні ефекти, поліпшуються економічні показники процесу.

Проведені дослідження присвячені вивченню модифицирующего впливу ВЧ електромагнітного поля на структуру полімерів. Теоретично обґрунтовано та експериментально встановлена можливість і доцільність застосування ВЧ електромагнітного поля для структурування термореактивних полімерів.

Досліджено вплив ВЧ електромагнітного поля на процеси структурування епоксидних компаундів методами золь-, гель- і хімічного аналізу. Склади досліджених епоксидних компаундів наведені в табл.1.

Таблиця 1 – Склади досліджених епоксидних компаундів

Компонент	Склад компонента у компаунді,мас. %			
	1	2	3	4
Епоксидний олігомер ЕД-20	90	80	70	70
Твердник ПЕПА (аліфатичний амін)	10	10	10	-
Твердник УП-0633 (ціанетілірованний амін)	-	-	-	30
Пластифікатор ДБФ (дибутиловий ефір ортофосфорної кислоти)	-	10	-	-
Пластифікатор МГФ-9 (олігоефіракрилат)	-	-	20	-

Для порівняльного аналізу даних досліджено епоксидні компаунди, які структуровані конвекційним способом і в поле ТВЧ (табл.2).

Таблиця 2 – Залежність ступеня структурування епоксидних компаундів від способу і режиму твердіння

Режим твердіння		Ступінь структурування,%			
Температура, ^{0}C	Час, хв.	Компаунд			
		1	2	3	4
Конвекційний спосіб твердіння					
20	1440	72,4/27,6	78,7/21,3	82,7/17,3	73,6/26,4
80	300	83,5/16,5	88,9/11,1	94,6/5,4	85,5/14,5
100	120	92,1/4,2	95,4/1,9	96,7/1,2	93,6/2,9
Твердіння у полі СВЧ					
100	3	95,3/4,7	97,5/2,5	98,3/1,7	96,7/3,3

Примітка. У чисельнику ступінь структурування епоксидних компаундів (гель-фракція); в знаменнику-ступінь структурування (золь-фракція).

З табл.2 видно, що у епоксидного компаунда, структурованого методом конвективного нагріву ступінь конверсії нижче (88,9%), ніж у структурованого в поле ТВЧ (98,3%). Досліджували процес структурування епоксидного компаунда, затвердженного ПЕПА і УП-0633М. В якості пластифікатора, що викликає ослаблення міжмолекулярної взаємодії досліджували ДБФ, а в якості модифікатора, що має реакційноздатні групи, які можуть взаємодіяти з функціональними групами олігомеру або затверджувача-досліджений МГФ-9.

Хімічна природа зазначених компонентів робить істотний вплив на процеси структурування епоксидного олігомеру. Введення в епоксидний олігомер ДБФ призводить до зменшення ступеня конверсії. Для епоксидного олігомеру з МГФ-9 характерний індукційний період, протягом якого вміст епоксидних груп в олигомере не змінюється, а потім спостерігається різке зменшення їх кількості. Подібна дія МГФ-9 пояснюється його підвищеною в'язкістю і як наслідок не може перебіг процесу затвердіння. Крім того можливо хімічна взаємодія МГФ-9 з ПЕПА.

Таким чином аналіз отриманих експериментальних даних дозволяє зробити висновок, що при структуруванні епоксидних компаундів у полі СВЧ формується більш однорідна структура компаундів з мінімумом дефектів, в результаті чого міцність і експлуатаційні властивості будуть вище при твердінні в поле СВЧ.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. АВТОМАТИКА ТА УПРАВЛІННЯ В ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

1. *Gapon A., Kozlov S., Yevseienko O., Levon O.*
Development of a computer model of the power supply system of the Institute of Ionosphere NAS and MES of Ukraine 3
2. *Аніщенко М.В., Кривонос М.В., Плюснін К.Д.*
Використання мікропроцесорного модуля RDUINO MEGA 2560 для модернізації системи керування промисловим роботом М20П 5
3. *Борисенко А.М., Кубрик Б.І., Лавріненко О.В.*
Багатофункціональна квазіоптимальна по витратам палива і екологічним показникам система управління дизель-генератора 7
4. *Васильченков О.Г., Сальніков Д.В.*
Моделювання цифрового фільтру з постфільтраційним прийняттям рішення 9
5. *Гапон А. І., Євсіна Н.О., Євсеєнко О. М., Козлов С. С., Лєвон О. О.*
Дослідження моделі енергоспоживання науково-дослідним комплексом Інституту Іоносфери НАН та МОН 11
6. *Дудник А.В., Евсина Н.А., Клевцова Е.В.*
Модуль предварительного анализа текстов 13
7. *Ивашко А.В., Лунин Д.А., Денисенко М.А.*
Определение вычислительной сложности нахождения спектральной плотности мощности 15
8. *Качанов П.А., Литвяк А.Н., Комар С.В*
Математическая модель регулятора оборотов силовой турбины вертолетного ГТД 17
9. *Козлов С. С.*
Підвищення ефективності електроспоживання наукового обладнання 19
10. *Крылова В.А., Тверитникова Е.Е., Мирошник А.Н.*
Оценка частотной эффективности метода формирования широкополосных сигналов 21
11. *Кутовой Ю.Н., Кириленко Я.А., Кунченко Т.Ю., Канунникова В.В.*
К вопросу использования компьютерного зрения для измерения линейной скорости рельсовых транспортных средств 23
12. *Кушнір М.С., Кунченко Т.Ю.*
К питанню о необхідності модернізації шліфувальних верстатів 25
13. *Морозов Д.С., Котляров В.О.*

Современные подходы к проектированию учебных роботов 27
14. *Осичев А.В., Ткаченко А.О., Почапский Б.Д.*
Компьютерное моделирование электромеханической системы конвейерного транспорта на базе асинхронного электропривода 29
15. *Прокопенко И. А., Обруч И. В.*
Моделирование динамических режимов вальцешлифовального станка ХШ 5-15 31
16. *РожноваТ.Г., Бекіров А.Е., Карєліна К.І.*
Нейронна мережа для прогнозування працездатності комп'ютерних систем 33
17. *Шамардіна В. Н., Дем'янець С. О.*
Моделювання електропривода механізму пересування крана в SIMMECHANICS 35

СЕКЦІЯ 2. МЕДИЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

1. *Kolisnyk Kostyantyn, Tomashevskyi Roman, Avrunin Oleg, Nosova Yana*
Virtual biomedical laboratory research in distance learning 37
2. *Бородай І.І.*
Особливості застосування плівок фулеренів для калібрування скануючих мікроскопів при вимірюванні геометрії параметрів об'єктів 39
3. *Брюзгінова Н. В.*
Апаратний комплекс для діагностики, лікування та контролю ефективності терапії з використанням електромагнітного випромінювання КВЧ діапазону 41
4. *Варналій А.А.*
Дослідження параметрів сердця методом холтера 43
5. *Євдощенко І.М., Іванько К.О., Іванушкіна Н.Г.*
Аналіз сигналів нанопорового секвенування днк для виявлення генетичних змін 45
6. *Исаева О. А., Трубицин А. А.*
Применение телемедицинских технологий при лечении атопического дерматита 47
7. *Колісник К.В., Сокол Є.І., Коваль С.М., Пенькова М.Ю.*
Особливості використання інтернет технологій для скринінгу гіпертоничних станів пацієнтів 49
8. *Король Е.И., Кипенский А.В.*
Оценка параметров сигнала для электротерапевтической аппаратуры 51
9. *Косулина Н. Г., Черенков А. Д., Коршунов К. С.*
Определение гидродинамических параметров герметизированного

напорного экстрактора 54
10. *Куліченко В.В., Махонін М.В., Шаповалов С.В.*
Нові рішення для портативних спірометрів..... 56
11. *Ляшенко Г. А., Полянова Н. В.*
Оцінка параметрів функціонального стану персоналу системи управління при інформаційному впливі НВЧ-випромінювання 58
12. *Ляшенко Г. А., Полянова Н. В.*
Шляхи удосконалення ультразвукових діагностичних систем..... 60
13. *Микитка Б.І.*
Аналіз деформацій матеріалів і кісток в гомілковостопному суглобі для виробництва імплантів..... 62
14. *Мікаелян М.Р.*
Обґрунтування світлоприймальної системи біомедичного спектрофотометру 64
15. *Мневець А.В., Іванушкіна Н. Г., Іванько К.О.*
Виявлення хвороб серцево-судинної системи шляхом вейвлет-аналізу фотоплетизмограм..... 66
16. *Молід Ю.С., Порєва Г.С.*
Аналіз типів стетоскопів для звуків легень..... 68
17. *Паламарчук Я.С., Безугла Н.В.*
Комп'ютерно-інтегрована система для обробки фотометричних зображень 70
18. *Поворознюк А. И., Поворознюк О. А., Шехна Х.*
Моделирование процесса развития инфекционных заболеваний 72
19. *Прісич О.Ю., Грохова Г. П., Аврунін О.Г.*
Метод тестування носового дихання для оцінки потенційних можливостей спортсменів..... 74
20. *Рихальська А.К., Іванько К.О., Іванушкіна Н.Г.*
Виявлення епізодів апное сну методами машинного навчання 76
21. *Рогожніков Р. А., Терещенко М.Ф.*
Автоматизованний магнітотерапевтичний апарат..... 78
22. *Рудий О.Д., Терещенко М.Ф.*
Автоматизована медична система моніторингу доз гамма випромінювання..... 80
23. *Сокол Е.И., Колесник К.В., Бернадская Т.В., Панибратцева С.Г.*
Методы трехмерной визуализации морфологии микрообъектов..... 82
24. *Сокол Е.И., Лапта С.С.*
Биотехническая система поддержки диагностического решения врача-эндокринолога..... 84
25. *Чорна М. О.*
Аналіз застосування електромагнітних технологій для передпосівної обробки насіння 86
26. *Яковенко І.О., Вонсевич К.П., Комарова А.Д.*

Виділення ітерацій пульсових хвиль фотоплетизмограми для біометричної ідентифікації 88

СЕКЦІЯ 3. ПРИЛАДИ І МЕТОДИ КОНТРОЛЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ РЕЧОВИН

1. *Григоренко С. М., Григоренко І. В., Андрусенко О. О.*
Розробка системи контролю параметрів технологічного процесу виготовлення йогурту 90
2. *Григоренко С. М., Григоренко І. В., Жук О. В., Красильник О. Г.*
Розробка та дослідження медичної системи контролю ваги 92
3. 3. *Григоренко С. М., Григоренко І. В., Кондратенко Р. О.*
Система контролю ваги автотранспорту під час руху 94
4. *Григоренко С. М., Григоренко І. В., Черкасов Є. О.*
Система клімат-контролю фармацевтичного складу 96
5. *Плеснецов Ю.А., Жила А.І.*
Прогнозирование зарождения трещин в калиброванном прокате при волочении 98
6. *Плеснецов Ю.А., Повелиця Я.С.*
Влияние основных технологических факторов на вероятность появления и размеры дефектов при сварке 100
7. *Плеснецов Ю.А., Сучков Г.М., Плеснецов С.Ю.*
Модель восстановления запаса пластичности при отжиге холоднодеформированных изделий 102
8. *Плеснецов Ю.А., Чуб Н.А.*
Прогнозирование разрушения металла в процессе прессования 104
9. *Сіренко М.М., Коваленко А.О.*
Автоматизований пристрій магнітного контролю осердь статорів електродвигунів 106
10. *Смолін Ю.О., Захаренко О.В., Колесников К.В., Шмаков В.В.*
Етапи оцінки кількісними критеріями телекомукаційних систем з урахуванням інноваційних технологій 108

СЕКЦІЯ 4. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ І СИСТЕМИ

1. *Gorkunov B. M., Borysenko Y. A., Topolov I. I., Lvov S. H.*
Experimental setup for studying the characteristics of a measuring transducer with a spatially periodic field structure 110
2. *Балєв В.М., Свириденко М.Ю.*
Система моніторингу стану зерна в зерносховищах 112
3. *Бережний Д.В., Опришкіна М.І.*
оцінка відповідності рентгенівських мамографічних комплексів

вимогам технічного регламенту 114
4. *Борисенко А.М., Кубрик Б.І., Лавріненко О.В.*
Багатопараметрична інформаційно-вимірювальна система діагностування тепловозної дизельної енергоустановки 116
5. *Горкунов Б.М., Львов С.Г., Ермилов Д.А., Попова А.В.*
Электромагнитный экспресс контроль немагнитных металлических изделий 118
6. *Горкунов Б.М., Львов С.Г., Салиба Абдел Нур, Железняк О.А.*
Бесконтактный контроль механических напряжений в металлических изделиях 120
7. *Дроздова Т.В., Амедова І.А.*
Дослідження інтегрованої системи управління на атомній Електростанції 122
8. *Жемелко Д.Д., Опришкіна М.І.*
Розробка модулю вимірювання відношення сигнал-шум 124
9. *Лавріненко О.В.*
А.Д. Нестеренко – видатний вчений у галузі приладобудування та електровимірювальної техніки 126

СЕКЦІЯ 5. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МОДЕЛЮВАННЯ В ХІМІЧНИХ, ХАРЧОВИХ, ВИДОБУВНИХ ТА ПЕРЕРОБНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

1. *Бабак Т. Г., Пономаренко Є. Д., Рябова І. Б.*
Реконструкція системи теплообміну процесу ректифікації суміші ацетон-бензол з метою енергозбереження 128
2. *Биканов С.М., Бабак Т.Г., Биканова В.В., Стоцький Р.С.*
Рішення задачі теплової інтеграції аміачної холодильної установки 130
3. Ведь В.Є., Горбунов К.О., Пономаренко Г.В., Толчинський Ю.А., Горбунова О.В.
Дослідження процесів екстрагування речовини в системі тверде тіло–рідина 132
4. *Владимиренко В.В.*
Дослідження питомого електричного опору як показника, що характеризує готовність коксу 134
5. *Капустін А. С., Миронов А. М., Ільченко М. В.*
Проблеми та перспективи енергоефективності вітчизняних промислових виробництв 136
6. *Лаврова І.О.*
Метод визначення гідродинамічних характеристик насадочних елементів 138

7. *Півень О.М., Березка Т.О., Мольченко С.М., Сазонова Є.А.*
Використання математичного моделювання при розробці рецептури молочного емульсійного лікеру..... 140
8. *Силаічев В.О., Подустов М.О.*
Комп'ютерно-інтегроване управління процесом одержання поверхнево-активних речовин 142
9. *Суродін О.Ю., Бабіченко А.К.*
Автоматизоване управління відділенням риформінгу у виробництві аміаку..... 144
10. *Тижненко А.О., Подустов М.О.*
Комп'ютерно-інтегроване управління процесами нейтралізації та очищення шкідливих викидів у виробництві поверхнево-активних речовин..... 146
11. *Черкашина Г.М., Малихіна А.В., Логвінов С.А.*
Структурування епоксидних компаундів струмами високої частоти..... 148

Наукове видання

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

Матеріали
III Міжнародної науково-технічної конференції

03-04 грудня 2020

Українською, російською та англійською мовами

Відповідальний за випуск Т.В. *Дроздова*
Художник І.І. *Тополов*

На обкладинках:
Електротехнічний корпус НТУ «ХПІ»
Старовинна частина болгарського міста Созополь, яка визнана ЮНЕСКО архітектурним заповідником (місто було засновано у VI ст. до н.е. греками і спочатку отримало назву Аполлонія на честь бога Аполлона)

В авторській редакції

