

СЕКЦІЯ 7

НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ, ТЕХНІЧНА ТА МЕДИЧНА ДІАГНОСТИКА

УДК 621.317

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ДЛЯ ДОКУМЕНТУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ПРИ РУЧНОМУ СКАНУВАННІ.

*Маєвський С.М., Серий К.М. Національний технічний університет України “Київський
політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

В неруйнівному контролі досить часто використовується ручне сканування поверхні об'єктів контролю первинними перетворювачами з метою пошуку дефектів. В такому режимі працюють майже всі ультразвукові, вихрострумові та інші дефектоскопи.

Суттєвим недоліком такого способу контролю є відсутність документування результатів, що не дозволяє перевіряти якість проведеного контролю та використовувати результат контролю з метою дослідження зміни виявлених дефектів (наприклад - тріщин) в часі. Такий документ мав би відображати координати траєкторії сканування з відмітками місця знайдених дефектів та їх величин. Документування дало б можливість підвищити об'єктивність контролю.

Найпростіший метод реєстрації положення перетворювача на площині відносно кінців заданої бази є одночасне вимірювання відстані між перетворювачем та цими точками на лінії бази.

При ультразвуковому контролі на рухомому перетворювачі, що вручну переміщується в заданій ділянці на поверхні об'єкту контролю, розміщується порівняно низькочастотний (наприклад - 80 КГц) ультразвуковий випромінювач з широкою діаграмою направленості, котрим періодично збуджується короткий радіоімпульс акустичних коливань. На кінцях базового відрізка з заданою довжиною розміщуються приймачі акустичних коливань.

Одним з можливих методів можна назвати триангуляційний метод, в якому мова йде про визначення кутового положення перетворювача відносно осей координат. Для цього достатньо розмістити на перетворювачі джерело світла (світло-діод), а на кінцях базової відстані - оптичні засоби визначення кута розгортки від напрямку бази до світло-діода та від вісі z до світло-діода на перетворювачі дефектоскопу. При цьому можливо визначити положення перетворювача в трьохмірній системі координат, для чого на корпусі перетворювача розміщується на заданій відстані два джерела світла, що комутуються.

Ключові слова: неруйнівний контроль, автоматичне документування результатів.

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУР ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ

Севриков И.В., Азаренко Е.И., СевНТУ, г.Севастополь, Украина

Очевидно, что функциональная возможность (качество) эргатических систем различна. Это предопределяет оптимизацию таких систем. К сожалению, данный вопрос в настоящее время в достаточной мере не решен. Качество системы - это свойство ее эффективности. Эффективность эргатических систем включает в себя три ее составляющие: техническую, эргономическую и экономическую. Техническая составляющая эффективности может оцениваться показателем надежности в виде вероятности безотказной работы технической части системы $P_{СТ}$. Эргономическая - также показателем надежности в виде безотказной работы человека-оператора $P_{ч-о}$. Экономическая - показателем экономической эффективности $\mathcal{E}$. При формализации обобщенного показателя надежности технической части системы целесообразно рассматривать ее также по составляющим: структурно-функциональной $P_{С-Ф}$, параметрической (точностной) $P_{П(Т)}$, эксплуатационно-прочностной $P_{Э-П}$. При этом общая надежность технической части системы $P_{СТ}$ по теории произведения вероятностей как независимых событий

$$P_{СТ} = P_{С-Ф} \cdot P_{П(Т)} \cdot P_{Э-П} = \prod_{i=1}^3 P_i.$$

Используя аналогичный подход к формализации обобщенного показателя надежности человека-оператора можно записать

$$P_{ч-о} = P_{ВХ} \cdot P_{ВН} \cdot P_{ВЫХ} = \prod_{j=1}^3 P_j,$$

где $P_{ВХ}$ - безотказность оператора по восприятию входящего сигнала; $P_{ВН}$ - безотказность работы оператора, охватывающая внутренний процесс распознавания; $P_{ВЫХ}$ - безотказность оператора по выходному отклику. Следуя этой логике, надежность эргатической системы в целом

$$P_{С.} = P_{СТ} \cdot P_{ч-о} = \prod_{k=1}^2 P_k.$$

Обобщенный показатель экономической составляющей должен представлять собой частную функцию затрат на технические средства (систему) защиты $\mathcal{Z}$ и предотвращенного ущерба $\mathcal{Y}$ с учетом стоимости защищаемого объекта $\mathcal{E} = \mathcal{Y}/\mathcal{Z}$.

Очевидно, что при выделении составляющих эффективности уместно ввести понятие общей эффективности эргатической системы. Обобщенный показатель полной эффективности, он же критерий оптимизации структур системы, представляет собой интегральный критерий в виде целевой функции $\mathfrak{Z} = P_{С.} \cdot \mathcal{Y}/\mathcal{Z} \rightarrow \max$.

Ключевые слова: эргатическая система, оптимизация, эффективность, надежность, целевая функция.

УДК 621.39.1+681.142.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ КЛАСИФІКАЦІЇ НЕЙРОННИМИ МЕРЕЖАМИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА ВІБРОАКУСТИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

*Зажицький О.В., Бурау Н.І. Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут», м.Київ, Україна*

Кінцевим етапом процесу діагностики є прийняття рішення про технічний стан контрольованого об'єкту для визначення можливості його подальшого безаварійного функціонування або ж для прогнозування його залишкового ресурсу. Якість та ефективність класифікації технічного стану об'єкту значною мірою впливає на вірогідність та точність діагностування в цілому, тому задача побудови класифікатора стану об'єкта діагностики (ОД) є однією з важливих складових при розробці сучасних інтелектуальних діагностичних систем, зокрема, системи віброакустичного моніторингу, діагностики та оцінювання початкових втомних пошкоджені обертових елементів авіаційних двигунів. Побудову такого класифікатора доцільно провести з використанням новітніх інформаційних технологій, а саме на основі нейронних мереж. За результатами проведених досліджень та модельних експериментів для побудови класифікатора було вибрано дві мережі – багатошарову (дво- та тришарову) мережу з логістичною та лінійною функціями активації та двошарову стохастичну, які є найбільш ефективними для вирішення задачі класифікації стану об'єкта віброакустичної діагностики при використанні двовимірних та тривимірних векторів діагностичних ознак. Метою даної роботи є дослідження точності класифікації на основі порівняльного аналізу множини векторів, що класифікуються, з результатами класифікації, тобто з результатами прийняття рішення про віднесення ОД до одного з двох класів - наявність чи відсутність дефекту.

У відповідності до розробленої схеми та методики було проведено імітаційне моделювання процесу віброакустичної діагностики за методом вільних коливань, в результаті чого було сформовано множину векторів діагностичних ознак (ВДО) і проведено класифікацію стану ОД. Множину ВДО та множину результатів класифікації розбито на елементарні осередки, які можуть співпадати чи не співпадати між собою за віднесенням ОД до одного з визначених класів. Точність класифікації оцінюється за коефіцієнтом ефективності, що являє собою ймовірність співпадань елементарних осередків, тобто є відношенням кількості осередків, що співпадають за класифікацією стану ОД, до загальної кількості елементарних осередків. Проведено дослідження залежності коефіцієнта ефективності від значення помилки

навчання мережі, від кількості нейронів у першому шарі для заданого значення помилки навчання 10^{-9} , а також від однієї з характеристик стохастичної нейронної мережі - коефіцієнта впливу.

Ключові слова: віброакустична діагностика, класифікація стану, нейронні мережі.

УДК 621.315.175

АПАРАТУРА НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ЗА СТАНОМ ЕЛЕМЕНТІВ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

*Козловський О.А., Орлович А.Ю., Плешков П.Г., Серебренніков С.В.
Кіровоградський державний технічний університет, м. Кіровоград, Україна*

Повітряні лінії електропередач (ПЛЕ) є ланкою енергосистеми, яка найбільше зазнає руйнівальних впливів атмосферних навантажень – ожеледі вітру, температури тощо.

Аналіз причин відмов ПЛЕ по елементах показує, що 30-35% складають ушкодження опор, а решту - електродротів та ізоляторів, причому 85% руйнувань ПЛЕ відбувається при наднормативній ожеледі.

Для запобігання або усунення спонтанних наднормативних атмосферних навантажень, на кафедрі “Електропостачання промислових підприємств” розроблена система прогнозування часу їх появи, яка основана на тому, що контролювану ділянку дроту ПЛЕ періодично примусово охолоджують зі сталою швидкістю до появи на дроті штучної ожеледі, при цьому фіксують проміжок часу від початку охолодження до появи штучної ожеледі. Вимірювальний блок містить мікрохолодильники, побудовані на основі термоелектричних модулів Пельтьє, датчики ожеледі і температури. Розрахунок моменту природного обледеніння здійснюється автоматично у блоці обробки інформації шляхом екстраполяції результатів вимірювання часу роботи мікрохолодильників.

Для контролю ожеледного навантаження на дроти повітряних ліній нами розроблено радіоактивний вимірювач маси ожеледних відкладень. Принцип дії пристрою базується на властивості ожеледно-паморозевих відкладень зменшувати інтенсивність радіоактивного випромінювання. При досягненні масою льоду критичного рівня подається сигнал щодо проведення заходів по усуненню ожеледі.

Найбільш поширеною причиною аварій комплектних розподільчих пристроїв зовнішньої установки є перекриття забруднених ізоляторів при їх зволоженні росою. Питома вага таких ушкоджень складає 30-40% на рік. Для запобігання надмірному зволоженню ізоляції шляхом визначення точки роси за результатами контролю динаміки змінення температури поверхні ізоляторів і їх вологості, нами виготовлено мікропроцесорний трипараметровий прилад з давачами у вигляді термісторів та гігісторів.

Для проведення своєчасних заходів по очистці ізоляторів від наднормативного струмопровідного забруднення впроваджено автоматизовану систему контролю струму витoku безпосередньо під робочою напругою 10-35 кВ.

Інформація, видана пристроями контролю, передається диспетчеру електричних мереж по високочастотних каналах телемеханічного зв'язку.

Ключові слова: ожеледь, забруднення, контроль, лінія електропередач.

УДК 621.165

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІБРОАКУСТИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПОЧАТКОВИХ ВТОМНИХ ДЕФЕКТІВ В ЛОПАТКАХ РОБОЧИХ КОЛІС АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ

Бурау Н.І., Яценко О.Б. Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна

Для діагностики початкових втомних дефектів в лопатках робочих коліс авіаційних двигунів пропонується система вібраційного та віброакустичного моніторингу, яка базується на розширенні можливостей віброакустичних методів діагностики, використанні сучасних методів обробки діагностичної інформації та новітніх інтелектуальних засобів розпізнавання технічного стану об'єкта діагностики (ОД). Процес віброакустичного моніторингу являє собою процес неперервного отримання інформації про вібраційний стан ОД, її перетворення та обробку з метою виділення інформативних діагностичних ознак, аналіз діагностичних ознак та прийняття рішення про стан об'єкта. Для окремих етапів даного інформаційного процесу проведено теоретичне обґрунтування та модельні експерименти, а також розроблена віртуальна вимірювальна система для моделювання, візуалізації та аналізу повного процесу моніторингу стану елементів робочих коліс та діагностики втомних тріщин на етапі їх зародження та початкового розвитку.

Моделювання процесу моніторингу проведено для стаціонарного та нестаціонарного (розгін) режимів роботи двигуна, моделі вібраційних збуджень та їх параметри задаються інтерактивно за допомогою відповідних панелей. На виході моделі авіаційного двигуна, що являє собою сукупність робочих коліс з урахуванням наявності втомної тріщини відповідного відносного розміру на заданому елементі колеса, для кожного з досліджуваних режимів роботи двигуна було сформовано сигнал, який імітує вимірюваний в процесі моніторингу сигнал і підлягає відповідній обробці. Змодельовані таким чином сигнали для різних значень параметру тріщини за змінювання параметрів вібраційних збуджень та завад зберігаються в окремих файлах з розширенням *.dat за допомогою менеджера зберігання файлів. Для обробки інформації використовується алгоритм множинної класифікації сигналів, визначення статистичних характеристик вищих порядків, частотно-часовий аналіз та

масштабно-часове перетворення (Вейвлет). Результати обробки подаються у вигляді, найбільш інформативному для вибраного методу обробки: у вигляді таблиць, двовимірних чи тривимірних зображень, причому вибране подання результатів зберігається в окремій папці для можливості візуального порівняльного аналізу. За результатами обробки визначено множину діагностичних ознак, за якими проводиться розпізнавання технічного стану елементів робочих коліс авіаційного двигуна.

Ключові слова: віброакустична діагностика, втомні пошкодження, метод вільних коливань, обробка сигналів, діагностичні ознаки.

УДК 681.325

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТВЕРДОГО ТІЛА ЗА ЗМІНОЮ ТЕМПЕРАТУРИ

*Чеховський С.А., Габльовська Н.Я., Кононенко М.А. Івано-Франківський
національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Аналіз причин виходу з ладу технологічних конструкцій з металів та їх сплавів у напружено-деформованому стані показує, що це відбувається через утворення дефектів в елементах конструкцій, і в подальшому призводить до руйнування конструкції в цілому, а значить до значних аварій з великими матеріальними втратами.

Деформація будь-якого тіла викликає формування внутрішніх сил. Внутрішні сили спрямовані протилежно до зовнішніх сил, і є рівними за абсолютною величиною. Ознакою внутрішніх сил є являються механічні напруження.

Напружено-деформований стан у конструкціях утворюється під час взаємодії деталей, спрацювання, пошкодження поверхні, при монтажі конструкцій та ін. Накопичення напружень і є причиною руйнувань кристалічної ґратки металів. Встановлено, що це руйнування супроводжується зміною температурних характеристик конструкцій.

При накопиченні напружень до граничного значення в металі утворюється тріщина. Таке руйнування характеризується стрибкоподібним наростанням температури, яке в подальшому спадає.

В результаті досліджень напружено-деформованого стану металічних конструкцій, а також проведення експериментальних досліджень визначено діапазон зміни температурних характеристик, що дозволило сформулювати вихідні дані для розробки технічних засобів контролю напружено-деформованого стану металічних конструкцій.

В основу таких засобів покладена багатокаскадна схема, в якій використовуються різні інвертуючі деференційні каскади на базі прецизійних підсилювачів. В якості чутливого елемента накладного перетворювача використовується напівпровідниковий мікросенсор, що забезпечує можливість

контролю малих перепадів температур при дослідженні напружено-деформованого стану твердого тіла в момент утворення тріщини.

Ключові слова: напружено - деформований стан, температурні характеристики, металічна конструкція, напруження, деформація, засіб контролю.

УДК 681.327.12

ШВИДКЕ ЗВОРОТНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ ТРИВИМІРНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ

Кабанова О.В. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

На сучасному етапі в комп'ютерній томографії основною задачею отримати не переріз об'єкта або деякої ділянки об'єкта, а об'ємну його структуру, що дозволяє, наприклад, не тільки якісно оцінити його, але й дати кількісну оцінку дефектів. В такому випадку необхідно розв'язати саме тривимірну задачу томографії. Така задача розв'язується за допомогою нових тривимірних циклічних алгоритмів реконструкції для конусного променя. Більшість з них використовує тривимірне зворотне перетворення.

Пропонується оптимізована модифікація FDK-алгоритму, в якому зворотне проектування виконується за $O(N^3 \log N)$ операції замість $O(N^4)$ операції, які притаманні традиційному зворотному проектуванню. Реалізація алгоритму вимагає $O(N^3)$ введень значень у пам'ять і за попередніми підрахунками отримується зображення з якістю одного порядку як і у FDK-методі.

Основна ідея швидкого зворотного проектування полягає в тому, щоб обчислити $f(x, y, z) = \int_{\theta=0}^{2\pi} \tilde{p}^P(\theta, t(x, y, \theta), q(x, y, z, \theta)) d\theta \approx \frac{2\pi}{N_\theta} \sum_{n=0}^{N_\theta-1} \tilde{p}^P[n, k, q]$ шляхом рекурсивної розбивки поданої суми на проміжні суми, які можуть використовуватися в наступних кроках. У проекційному просторі зворотне проектування може розглядатися як процес сумування значень вздовж синусоїдної кривої. Для “прискорення” алгоритму таке сумування вздовж кривої повинно апроксимуватися сумою коротких кривих (сегментів синусоїди), які обчислюються з попередньо обчислених коротших кривих і так далі. Для таких кривих застосовується термін “зв'язки”. Довжина зв'язку визначається як різниця між проекційними значеннями його кінцевих точок по θ -координаті. Усі кінцеві точки зв'язків знаходяться на сітці перепакowanego тривимірного проекційного простору.

Суть алгоритму – це обчислення значення будь-якого зв'язку як суму восьми зв'язків з удвічі коротшою довжиною, але для їх визначення необхідно обчислити середню точку (θ_c, t_c, q_c) шуканого зв'язку. $(\theta_1, t_1, q_1; \theta_2, t_2, q_2)$ - це зв'язок, між точками $(\theta_{n_1}, t_{k_1}, q_{m_1})$ і $(\theta_{n_2}, t_{k_2}, q_{m_2})$, який необхідно обчислити і

$I[n_1, k_1, m_1; n_2, k_2, m_2]$ його відповідне значення, яке ідентичне $\int_{\theta_{n_1}}^{\theta_{n_2}} \tilde{p}(\theta, t, q) d\theta$. Перші

дві координати середньої точки знаходяться як $n_c = \frac{n_1 + n_2}{2}$ і $t_c = \frac{t_{k_1} + t_{k_2}}{2 \cos\left(\frac{\theta_{n_1} - \theta_{n_2}}{2}\right)}$.

Ключові слова: реконструкція, швидке зворотне перетворення.

УДК 620.179.14

МАГНИТОФЕРРОЗОНДОВЫЙ КОНТРОЛЬ КОНЦОВ ТРУБ

*Мирошников В.В., Швец С.Н. Восточноукраинский национальный университет
имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина*

Естественным является требование заказчиков производить контроль поставляемых труб по всей длине. Это связано с тем, что концы труб в наибольшей степени подвержены образованию дефектов не зависимо от способов производства трубы и её диаметра. Магнитопорошковый метод контроля перестает удовлетворять современным требованиям контроля в связи с невозможностью документирования результатов контроля. На смену ему вполне успешно приходит, не уступающий по чувствительности, магнитоферрозондовый метод контроля. Разработка теории и практики импульсного режима возбуждения феррозонда (Ф) позволила создавать многоэлементные феррозондовые дефектоскопы, способные работать в производственных условиях.

Для достижения требуемой чувствительности в Ф с импульсным возбуждением необходимо компенсировать начальное напряжение разбаланса. Учитывая, что эта величина постоянная для каждого Ф и зависит только от его конструктивных параметров, то вполне успешно можно осуществлять его компенсацию. С целью упрощения конструкции Ф и уменьшения числа подводимых к нему проводов, что немаловажно при создании многоэлементных преобразователей, в качестве компенсационной обмотки используется выходная обмотка Ф. Для создания постоянного компенсационного поля постоянный ток на неё подается через выпрямитель с обмотки возбуждения. Отбор части мощности импульса возбуждения на создание поля компенсации требует увеличения числа витков обмотки возбуждения. Определение компенсационного тока для каждого Ф осуществляется в калибровочном соленоиде. Исключение взаимного влияния Ф друг на друга обеспечивается поочередной подачей импульсов возбуждения.

Таким образом, помимо линейного многоэлементного феррозондового преобразователя дефектоскоп содержит распределитель импульсов и блок электронных ключей, поочередно подключающий выходные обмотки Ф к АЦП. Работой всех элементов дефектоскопа управляет ПС-контроллер, который и передает снимаемое напряжение с Ф в персональный компьютер, где и происходит окончательная обработка информации. По получаемой топографии магнитного поля конца трубы определяются

области с резко неоднородным полем рассеяния, которое может быть вызвано дефектами. Анализ именно топографии магнитного поля позволяет с большей степенью достоверности определять места расположения структурных неоднородностей. При постоянной скорости перемещения преобразователей по трубе возможно производить идентификацию выявленных неоднородностей, имея компьютерный банк данных полей рассеяния дефектов, созданный по контрольным образцам.

По результатам контроля на каждую трубу выдается протокол, в котором приводится диаграмма поля рассеяния контролируемого участка, на основании которой и делается вывод о наличии или отсутствии дефектов.

Ключевые слова: феррозонд с импульсным возбуждением, многоэлементный преобразователь, топография магнитного поля, РИС-контроллер.

УДК 621.317

ОЦІНКА ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ ФАЗИ ДИСКРЕТНИМ ОРТОГОНАЛЬНИМ ФАЗОМЕТРОМ В ЦИФРОВОМУ ВИМІРЮВАЧІ ШВИДКОСТІ УЛЬТРАЗВУКУ

Баженов В.Г., Лігоміна С.М., Онгірська Н.Г. кафедра приладів та систем неруйнівного контролю, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Київ, Україна

Широке розповсюдження в галузі ультразвукового неруйнівного контролю отримали методи, в яких параметром, що контролюється, для оцінки фізичних якостей та стану об'єкту контролю, є фазова швидкість ультразвукової хвилі. Вірогідність контролю залежить від точності визначення даного параметру. Високої точності вимірювання фазової швидкості ультразвуку можна досягнути, якщо скористатися імпульсно-фазовими методами вимірювання швидкості ультразвуку.

Метрологічні характеристики вимірювачів швидкості ультразвуку здебільшого визначаються характеристиками вимірювачів фазового зсуву. Авторами пропонується використати дискретний ортогональний метод. Використання методу має наступні переваги: малий час вимірювання, можливість вимірювання фази одиночних радіоімпульсів, може працювати при малих відношеннях сигнал-завада, є нечутливим до змін у формі обвідної.

Перехід від аналогової величини до цифрової приводить до необхідності використання операцій квантування та дискретизації, що в свою чергу приводить до похибок у визначенні фазового зсуву.

Аналітичний розрахунок похибок з врахуванням сумарного впливу декількох факторів є дуже складним завданням. Для вирішення завдання автори застосували комп'ютерне моделювання.

Було досліджено вплив на похибку вимірювання фази кількості вибірок на період, кількості періодів та відмінності частоти опорного сигналу від вимірюваного при різних відношеннях сигнал-шум. В результаті були отримані

данні о математичному очікуванні, середньоквадратичному відхиленні похибки, визначено діапазон вимірювання фази, збудовано тримірну щільність імовірності похибки в залежності від фазового кута та отримані аналітичні вирази.

Результати моделювання дозволяють зробити висновок о перспективності застосування дискретного ортогонального фазометру в цифровому вимірювачі швидкості ультразвуку.

Ключові слова: швидкість ультразвуку, імпульсно-фазовий метод, дискретний ортогональний фазометр.

УДК 621.317+622.691.4

ЛОКАЛІЗАЦІЯ КОРОЗІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК ПІДЗЕМНОГО ГАЗОПРОВОДУ

*Стрілецький Ю.Й. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
м. Івано-Франківськ, Україна*

Відомо, що метал, з якого виготовлено труби підземних газопроводів контактуючи із електролітом ґрунту швидше втрачає свої механічні властивості. Ризик руйнування внаслідок електрохімічної корозії знижують зміщенням електрохімічного потенціалу корозійної реакції. Однак при посиленому струмі катодного захисту метал втрачає пружність. Для захисту трубопроводу його зовнішню поверхню вкривають ізоляційним шаром. З часом вона руйнується. Локалізацію ділянок із пошкодженої ізоляцією можна провести шляхом визначення затухання струму, що протікає по трубопроводу.

Затухання струму вздовж трубопроводу проводять шляхом послідовного вимірювання напруженості електромагнітного поля, що виникає навколо досліджуваного трубопроводу.

Для визначення струму в трубопроводі за результатами вимірювання напруженості і вектора магнітного поля за математичними моделями визначається струм, що утворив вимірюване електромагнітне поле. Однак при вимірюванні напруженості електромагнітного поля навколо трубопроводу виникають деякі труднощі, пов'язані або із орієнтацією датчиків щодо осі трубопроводу[1], або із виготовленням декількох ідентичних датчиків магнітного поля[2].

Провести вимірювання також можна за допомогою паралаксного методу, в якому вимірювання здійснюється двома індуктивними датчиками направленої дії рознесеними в просторі. Їх обертають так щоб нормалі до датчиків лежали в одній площині, в якій і шукається напрям на точку із максимальною напруженістю магнітного поля. Визначивши напрям і за різницями кутів віддалі до точки максимуму напруженості магнітного поля визначається струм, що утворив це поле. За умови відсутності сторонніх електромагнітних полів струм буде відповідати тому, що протікає по підземному газопроводу. Якщо є сторонні поля і їх вплив на

обидва датчики однаковий, то можна виділити тільки градієнтну складову поля і за цим значенням визначити струм.

Література

1. Вербенець Б.Я., Джала Р.М. Пошук і визначення розміщення підземного трубопроводу//Протикорозійний захист газопроводів і споруд та методи контролю КТС-99.- Львів: Фіз.-мех. ін-т НАН України.-1999.- С.141-144.
2. Стрілецький Ю.Й., Кісіль І.С. Визначення змінної складової струму в підземному газопроводі за допомогою системи приймальних котушок//Методи та прилади контролю якості.- 1998.-№2.-С.69-73.

Ключові слова: ізоляція трубопроводів, підземний газопровід, катодний захист, зникання струму, паралаксний спосіб.

УДК 620.179.111

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕНЕТРАНТІВ

Кісіль І.С., Витвицька Л.А., Боднар Р.Т. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна; Казакевич М.Л., Яшина Н.І. НАН України. інститут фізичної хімії, державне підприємство "Колоран"

Продуктивність та чутливість капілярного методу контролю наявності поверхневих тріщин в металевих виробах та конструкціях в значній мірі визначаються поверхневими властивостями пенетрантів. Тому якість пенетрантів оцінюється їх здатністю змочувати досліджувану поверхню, проникати в тріщини і адсорбуватися на поверхні проявника. Ця здатність кількісно характеризується коефіцієнтом поверхневого натягу σ , крайовим кутом змочування θ і динамічною в'язкістю μ . При виготовленні пенетрантів намагаються довести поверхневий натяг до критичного значення, при якому рідина повністю розтікається по поверхні. Однак умова повного розтікання визначається не тільки властивостями самої рідини, але й властивостями поверхні об'єкта контролю. Наприклад, наявність окисної плівки змінює фізико-хімічну взаємодію контактуючих тіл і впливає на умови змочування.

Порівняння різних пенетрантів як при їх виготовленні, так і в процесі використання може бути здійснено через узагальнений якісний параметр

$$R = \frac{\sigma \cos \Theta}{\mu}.$$

На кафедрі "Методи та прилади контролю якості та сертифікації продукції" Івано-Франківського університету нафти і газу розроблено ряд приладів для вимірювання поверхневого натягу та крайового кута змочування рідин. Прилади відрізняються не тільки конструктивним виконанням та призначенням, але й методами, які лежать в основі їх роботи. Так, прилад ППНЛ-1 вимірює поверхневий натяг рідин за методом максимального тиску в газовому пухирці, прилад ВМН-1 вимірює міжфазовий натяг за методом

обертової краплі, прилад ВПН-1 вимірює динамічне та рівноважне значення поверхневого натягу без руйнування поверхні розділу фаз за методом підняття кільця, прилад ВКЗ-1 вимірює крайовий кут змочування за методом максимального тиску в газовому пухирці, прилад ВПНО вимірює поверхневий натяг за методом лежачої краплі.

Співпраця співробітників кафедри з працівниками державного підприємства “Колоран”, який є головним виробником вітчизняних пенетрантів, дає можливість істотно підвищити їх якість, розробити принципово нові рецептури їх складників.

Ключові слова: пенетрант, поверхневий натяг, крайовий кут змочування, в’язкість.

УДК 621.87

СОВРЕМЕННАЯ ДИАГНОСТИКА ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

*Кадильникова Т.М. Национальная металлургическая академия Украины,
г. Днепропетровск, Украина*

Из-за большого объема неправильно эксплуатируемых или неграмотно реконструированных подъемно-транспортных машин/ПТМ/ на практике чаще всего ограничиваются только анализом состояния наиболее аварийных или ответственных узлов и деталей ПТМ, да и то, как правило, - только выборочным обследованием, не превышающим по объему 10-20 % (по ДБН) от всех конструкций этого типа. Это, естественно, повышает вероятность аварий ПТМ. В настоящее время практически отсутствуют удобные инженерные методики и нормативы по диагностике и оценке остаточного ресурса ПТМ. Нет корректных расчетных программ, приборов и инструментария, нет специально обученного технического персонала (измерителей, прибористов, нет вузовских специальностей, на которых могли бы проходить подготовку специалисты, которые способны проводить мониторинг напряженно-деформированного состояния/НДС/ ПТМ).

Для увеличения объема информации о НДС ПТМ, повышении ее достоверности в некоторых случаях может быть применена эффективная диагностика по каким-либо интегральным показателям. Наиболее информативными являются реакции испытуемого объекта ПТМ на динамические нагрузки.

Методика любого обследования зависит, прежде всего, от целеуказания и от целеобеспечения объекта диагностики ПТМ. Целеуказанием может быть:

1. обеспечение безопасности;
2. обеспечение эксплуатационной пригодности;
3. обеспечение экономичности эксплуатации.

Вид целеуказания определяет состав целеобеспечения: контролируемых характеристик; способы контроля; способ обработки результатов обследований. Для достижения первой цели диагностики (обеспечения безопасности) исследуются параметры, определяющие НДС ПТМ. Для достижения второй и третьей цели параметры обследования ПТМ должны приниматься на основании технического задания заказчика на проведение диагностики. При этом может потребоваться проведение дополнительных работ по: прогнозированию изменения технического состояния во времени; технико-экономическому анализу изменения состояния НДС ПТМ в зависимости от вариантов выполнения ремонтных работ; анализу вероятности полученных оценок технического состояния ПТМ.

УДК 592.213.375.82:621.378

ТЕРМОМЕТР З ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИМ ДАВАЧЕМ ТЕМПЕРАТУРИ

*Туряниця І.І., Бутурлакін О.П., Цигика В.В. Ужгородський національний університет,
м. Ужгород, Україна*

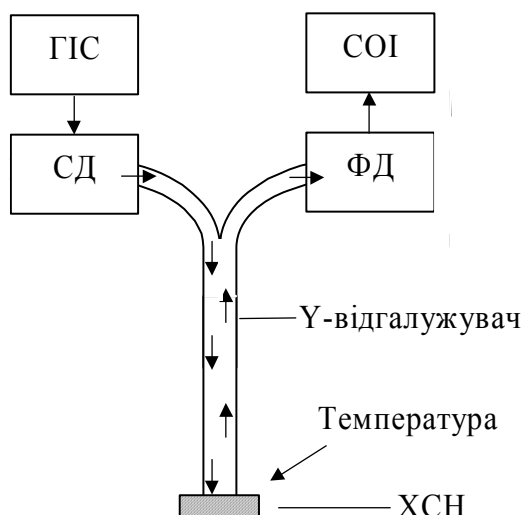
При вимірюванні температури в умовах дії підвищеної радіації, електромагнітних полів, пожежної та вибухової небезпеки, а також у місцях, що знаходяться на значній відстані від системи реєстрації виникають певні ускладнення при виборі первинного вимірювального перетворювача (ПВП). На роботу традиційних ПВП температури суттєво впливають відмічені екстремальні умови, що приводить до виникнення неконтрольованих похибок при вимірюванні температури, а інколи до деградації ПВП.

Нами запропонований волоконно-оптичний датчик з амплітудною модуляцією оптичного сигналу. Принцип роботи ПВП базується на зміщенні краю оптичного поглинання в активному елементі з напівпровідникового халькогенідного скла (ХС) при зміні температури. Оскільки ХС представляє собою аморфний напівпровідник із значною кількістю дефектів, то екстремальні зовнішні фактори практично не впливають на структуру ХС, а значить і на його оптичні характеристики. Конструкція ПВП включає в себе світлодіод, волоконно-оптичний Y-відгалужувач і фотодіод. Структурна схема приладу приведена на рисунку 1.

Технічні характеристики розробленої конструкції:

- робочий діапазон температур – 40–100 °С;
- точність вимірювання – 0,5 °С;
- відстань від ПВП до системи реєстрації – в межах 100–1000 м.

Ключові слова: волоконно-оптичний датчик, халькогенідне скло, термометр, температура.



ГІС – генератор та імпульсний стабілізатор;
 СД ІЧ-- світлідіод ($\lambda = 0,95 \text{ мкм}$);
 ФД - фотодіод;
 СОІ - система обробки інформації;
 ХСН - активний елемент із халькогенідного скла

Рисунок 1

УДК 538.08; 621.317.42

МАГНІТОМЕТР ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ МАЛИХ ЗМІН МАГНІТНИХ ПОЛІВ

Криськов А.А., Криськов Ц.А. Кам'янець-Подільський державний педагогічний університет, м. Кам'янець-Подільський, Україна

Магнітометр призначений для вимірювання варіацій магнітного поля Землі. Датчиком величини індукції магнітного поля є котушка коливального контуру генератора радіочастоти. Котушка намотана на стержні із фериту 600 НМ, у якого відносна магнітна проникливість відчутно залежить від індукції підмагнічуючого поля. Частота генератора вибрана 1 МГц. З одного боку, при такій частоті досягається достатня чутливість датчика, з другого – добротність коливального контуру помітно не знижується. Двома помножувачами частота генератора збільшується у 6 разів. Отримана частота 6 МГц в змішувачі віднімається від частоти 8,33 МГц, яка забезпечується кварцовим генератором. Сигнал різницевої частоти 2330 кГц подається на частотний детектор, зібраний за схемою дробового детектора. В результаті детектування на навантаженні частотного детектора отримується напруга, пропорційна зміні частоти генератора, яка викликається змінами індукції магнітного поля Землі. За час експлуатації магнітометра зміни частоти генератора не перевищували 8,2 кГц, що відповідає змінам індукції магнітного поля на $1,15 \cdot 10^{-7} \text{ Тл}$.

Продетектований сигнал поступає на вхід підсилювача постійного струму із змінним коефіцієнтом підсилення. У підсилювачі передбачена зміна рівня умовного нуля. Через емітерний повторювач, в якому також передбачені регулювання коефіцієнта передачі, сигнал подається на самопишучий потенціометр для реєстрації.

В магнітометрі передбачена температурна стабілізація частоти. Для цього генераторно-змішувальний модуль поміщений в термостат, де підтримується температура $(45 \pm 0,1)^\circ\text{C}$.

Живиться магнітометр від сітки змінного струму напругою 220 В через випрямлячі і компенсаційні стабілізатори. Споживана потужність при ввімкненому нагрівальному елементі термостата 22 Вт. Для зменшення впливу магнітних полів розсіяння блок живлення віддалений від самого магнітометра. Час прогрівання магнітометра до початку роботи близько 2 год., далі магнітометр може працювати цілодобово без помітної зміни параметрів.

Приміщення, в якому встановлюється магнітометр, не повинно містити великої кількості феромагнітних матеріалів.

Ключові слова: магнітометр, магнітне поле, генератор частоти, стабілізація температури.

УДК 53.089.6+62-192

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЖПОВЕРОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Азаренко Е.И., Севриков И.В., СевНТУ, г.Севастополь, Украина

Каждое новое поколение средств измерительной техники (СИТ) становится все более сложным по своей структуре. Растут требования к точности измерений при производстве и эксплуатации технических систем, контроле состояния окружающей среды, в медицине и других областях.

Единственным практическим способом сохранения погрешности СИТ в области допустимых значений в процессе работы является наличие запаса на деградацию. Однако ни один нормативный документ Госстандарта не содержит требований к запасу по погрешности. Выход погрешности за границы допустимого интервала рассматривается как отказ по точности, или параметрический отказ. Для выявления таких отказов СИТ проводят периодические проверки. Слишком частые проверки ведут к неоправданным затратам на их осуществление и потерям из-за временного изъятия исправных устройств из эксплуатации. Редкие - связаны с убытками, а иногда с опасностью для здоровья и жизни людей при применении неисправных СИТ. Возникает задача оптимизации величины межповерочных интервалов (МПИ). В настоящее время МПИ для СИТ, на которые распространяется государственный метрологический надзор, назначается Госстандартом Украины при утверждении их типа. Величина МПИ назначается неизменной для всего срока службы СИТ. Корректирование величины МПИ может производиться по согласованию с Госстандартом, на основании статистической информации о параметрических отказах. Отказы при этом рассматриваются как однородные события, независимо от причин их возникновения. Не принимаются во внимание суммарная наработка СИТ и

запас по погрешности. Такой подход, учитывающий только количественную сторону проявления отказов, носит формальный характер.

Для оптимизации схемы проверок СИТ необходимо учитывать требуемый коэффициент метрологической годности изделий и структуру параметрических отказов (как показывает практика проверок, это отказы двух видов – внезапные и постепенные). Вероятность параметрического отказа за время t

$$F(t)=F_1(t)+F_2(t)-F_1(t)P(B|\Pi),$$

где $F_1(t)$ - функция распределения времени наработки на постепенный параметрический отказ; $F_2(t)$ - функция распределения времени наработки на внезапный параметрический отказ; $P(B|\Pi)$ – вероятность внезапного параметрического отказа за время t при условии, что постепенный отказ наступил. При назначении очередного МПИ, моменты распределений $F_1(t)$ и $F_2(t)$ следует оценивать по результатам предыдущей проверки, с учетом запаса по погрешности и суммарной наработки СИТ к началу определяемого МПИ.

Ключевые слова: погрешность, проверка, отказ, надежность.

УДК 621.129

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ДЕТЕКТОРОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СЫПУЧИХ СРЕДАХ ДЛЯ КОНВЕЙЕРОВ

*Власов Д.Н., Вард Саид, Пелипейченко А.А., Восточнукраинский национальный университет
имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина*

Эффективность работы железоотделителей на конвейерных линиях практически ничем не подтверждается. Эпизодические пробы транспортируемого материала (угля, зерна, стружки, муки и т.д.), взятые на предмет выявления металлических включений, не дают достоверной информации об эффективности работы железоотделителей. Потребляемая ими мощность 5–6 кВт/час, в зависимости от ширины конвейерной ленты, делает применение существующих железоотделителей нецелесообразным с экономической точки зрения.

Для обеспечения минимальной потребляемой мощности железоотделителя при максимальной извлекающей его способности перед железоотделителем необходимо устанавливать детектор металлических включений. При нахождении металла в транспортируемой среде металлодетектор дает команду на включение железоотделителя и при этом задает ток в обмотке железоотделителя в зависимости от объема найденного металла.

Обеспечение требуемой чувствительности металлодетектора на любую ширину конвейерной ленты и высоту слоя транспортируемого материала – задача не из простых. Её решение может быть осуществлено при блочной схеме построения вихретокового преобразователя (ВТП).

Блок ВТП состоит из обмотки возбуждения прямоугольной формы длиной 0,5 м, расположенной над транспортной лентой. Под транспортной лентой соосно с

обмоткой возбуждения расположены пять крестообразных измерительных обмоток, включенных по дифференциальной схеме. Обмотка возбуждения запитывается от генератора прямоугольных импульсов, способного создать ток до 10–50 А за время действия импульса возбуждения 1–10 мс. Измерительные обмотки поочередно подключаются к АЦП, и преобразованный сигнал далее передается в DSP-контроллер. Выходной сигнал измерительных обмоток синхронизирован с импульсами возбуждения, что позволяет обрабатывать сигнал с измерительных обмоток как по фазе так и по амплитуде. Это дает повышение чувствительности в 1,7–2,1 раза, что обеспечивает выявление гайки М6 при расстоянии между обмотками 1 м.

В зависимости от ширины транспортной ленты набирается необходимое число обмоток возбуждения и измерительных обмоток. Контроллер типа ADSP-21991 способен в реальном масштабе времени опросить и обработать информацию от 30 ВТП. Простая конструкция импульсного генератора возбуждения обеспечивает надежную работу металлодетектора при минимуме затрат.

Ключевые слова: металлодетектор, железоотделитель, вихретоковый преобразователь.

УДК 620.179.14

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЙ ТРЁХПАРАМЕТРОВЫЙ ВИХРЕТОКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ПЛОСКИМ ПРОВОДЯЩИМ ИЗДЕЛИЕМ

Себко В.П. Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", Харьков, Украина; Шади Отман. Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", Харьков, Украина

В настоящее время широкое развитие получили многопараметровые вихретоковые методы и средства для контроля материалов и изделий. В этом плане довольно детально рассмотрены методы и преобразователи с цилиндрическим изделием. Совместное определение параметров плоского изделия недостаточно рассматривалось в литературе.

В настоящем докладе исследуется вихретоковый метод и устройство для совместного трёхпараметрового контроля относительной магнитной проницаемости, удельной электрической проводимости и площади поперечного сечения плоского проводящего изделия. Метод основан на достижении экстремума мнимой части нормированной результирующей эдс трансформаторного вихретокового преобразователя (ТВП). Такое достижение экстремума осуществляется с помощью изменения частоты зондирующего магнитного поля и фиксации её при наличии экстремума. Суть метода состоит в том, что при достижении экстремума сразу определяется обобщённый параметр x , а уже по нему находятся совместно по измеренным значениям нормированной результирующей эдс, её фазового угла и частоты поля магнитный, электрический и геометрический параметры изделия. Достоинство данного метода и устройства состоит в том, что электромагнитные

параметры определяются на одной и той же относительной глубине проникновения магнитного поля в изделие. ТВП может работать в двух циклах: в последовательном когда сначала определяются площадь поперечного сечения пластины, затем относительную магнитную проницаемость и, наконец, удельную электрическую проводимость, а также – в параллельном цикле, в котором указанные три параметра пластины измеряются независимо друг от друга.

Ключевые слова: магнитная проницаемость, удельная электрическая проводимость, электродвижущая сила, частота, фазовый угол, пластина, экстремум, контроль, вихретоковый метод, продольное магнитное поле, поперечное магнитное поле.

УДК 621.317

ЗАСТОСУВАННЯ ФОКУСУЮЧОГО П'ЄЗОПЕРЕТВОРЮВАЧА ФРЕНЕЛІВСЬКОГО ТИПУ В УЛЬТРАЗВУКОВИХ ДЕФЕКТОСКОПАХ

*Тимофієва О. В. Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Застосування фокусуєчих перетворювачів в ультразвукових дефектоскопах дозволяє отримати великі інтенсивності ультразвуку в заданій області, підвищити чутливість до дефектів, точність визначення їхнього положення та розмірів. З ціллю реалізації функції фокусування пропонується застосування френелівського фокусуєчого перетворювача, який має значні переваги, порівняно з іншими відомими фокусуєчими системами. Основними перевагами є те, що, по-перше, функція фокусування реалізується без застосування лінзи, а по-друге, існує можливість регулювання фокусної відстані електричним шляхом. Обидві переваги обґрунтовано та виконано необхідні розрахунки.

Розрахунок геометричних розмірів френелівського фокусуєчого перетворювача має певні особливості. Френелівська п'єзопластина являє собою акустично та електрично відокремлені кільця, розташовані таким чином, щоб забезпечувати інтерференційне фокусування в певній точці об'єкту контролю. Розміри кілець визначаються, виходячи з вимоги постійності фази. Розмір перетворювача розраховується з урахуванням вимоги до апертурного кута.

Виконано розрахунок акустичного тракту та параметрів акустичного фокусування. Результати розрахунку дозволяють чисельно оцінити ефективність застосування френелівського фокусуєчого перетворювача. Основним параметром оцінки виступає коефіцієнт послаблення акустичного тракту.

Окремо розглядається функція електронного сканування, тобто дискретне регулювання фокусної відстані перетворювача зміною частоти. Виведено відповідну залежність та проведено розрахунок.

Ключові слова: фокусуючий п'єзоперетворювач, ультразвук, дефектоскопія.

УДК 621.384.6

ЗАСТОСУВАННЯ РАДІАЦІЙНИХ МЕТОДІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ В СУЧАСНОМУ ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ.

*Хрін Т.В. Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

В доповіді будуть розглянуті радіаційні методи неруйнівного контролю в різних галузях промисловості та сільського господарства. Розглянуто установки, за допомогою яких здійснюється контроль. Описуються перспективи їх застосування.

Проблеми неруйнівного контролю є однією з складових промислового виробництва розвинутих країн. Найбільш розвинуті зараз т.з. акустичні методи, чому сприяє їх простота, невелика вартість, технічна і економічна доступність. Такі методи найчастіше застосовують, наприклад, в медицині (ультразвукова діагностика (УЗД)), для будівництва, для контролю зварних швів, тощо. При необхідності більш детального вивчення і контролю продукції в металургії, капітальному будівництві, елементному аналізі застосовують більш досконалі методи. Серед них важливе місце посідають радіаційні методи неруйнівного контролю.

В основі радіаційних методів покладено розсіювання іонізуючого випромінювання (проникаючої радіації) вздовж шляху поширення у речовині. Радіаційні методи широко застосовують в промисловості для знаходження дефектів в литих і зварних виробах: тріщин, пустот, домішок різнорідних матеріалів, а також деформації недоступних візуальному огляду елементів складальних конструкцій, правильності монтажу та т. п. Інтороскопія структури непрозорих об'єктів в радіаційних методах ґрунтується на різниці поглинання-розсіювання домішками в матеріалі досліджуваного об'єкта. Завдяки цьому аналіз тіньової картини, зафіксований, в найпростішому випадку за допомогою рентгенівської плівки, дозволяє визначити наявність, розміри та глибину залягання дефектної ділянки та склад речовини. Радіаційні методи практично не мають альтернативи в дослідженнях швидких нестаціонарних процесів, таких як вибух, динамічна деформація вузлів машин, співударяння тіл, а також в сучасних методах селекції зернових агрокультур, інших галузях.

Застосування радіаційних методів забезпечується широким переліком спеціальних установок – від медичного рентгенівського апарату, до сучасного томографа та дефектосокопа.

Ключові слова: неруйнівний контроль, проникаюче випромінювання радіаційні методи, установки.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДИФІКОВАНОГО ВІБРОАКУСТИЧНОГО МЕТОДУ ВИМУШЕНИХ КОЛИВАНЬ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ РОТОРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ

*Марчук П.І., Бурау Н.І. Національний технічний університет України “Київський
політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Для діагностики та оцінювання початкових втомних тріщин в елементах робочих коліс авіаційних двигунів пропонується автоматизована система вібраційного та віброакустичного моніторингу. Розробка такої системи базується на використанні та подальшому вдосконаленні низькочастотних (0-25 кГц) віброакустичних методів діагностики, що в якості діагностичної інформації використовують вібраційний та віброакустичний шум, який випромінює об'єкт діагностики (ОД) при збудженні в ньому вільно згасаючих чи вимушених коливань. При функціонуванні двигуна всі етапи моніторингу будуть залежати від його режиму роботи, який визначає специфіку вібраційного та акустичного збудження елементів робочих коліс та характер вимірних сигналів, а також, як наслідок, і вибір відповідних методів та алгоритмів обробки отриманої інформації. Для підвищення інформативності діагностичної інформації використовується нестационарний режим роботи двигуна (розгін), для якого проведено модифікацію методу вимушених коливань. Проведені теоретичні дослідження та модельні експерименти дозволили визначити характер впливу початкової втомної тріщини в лопатці робочого колеса на характеристики нестационарних коливань лопатки в часовому та частотному поданнях, визначити та проаналізувати діагностичні ознаки тріщини в залежності від параметрів нестационарного збурення та узагальненого параметра тріщини. Метою даної роботи є експериментальне підтвердження працездатності вибраних алгоритмів обробки нестационарних сигналів та ефективності віброакустичного модифікованого методу вимушених коливань.

Для експериментальних досліджень використано імітатор робочого колеса за відсутності та наявності тріщини однієї з лопастей, вібраційна дія на який здійснюється обертовим ротором при його розгоні. Акустичний шум, що випромінюється імітатором при його обертотворому русі, вимірювався за допомогою вимірювальної системи з використанням звукової карти ПЕОМ. Для вимірних нестационарних сигналів проведено обробку шляхом частотно-часового розподілу Чої-Вільямса та частотно-масштабного (Вейвлет) розподілу з подальшим спектральним оцінюванням окремих рівнів розкладання за методом множинної класифікації сигналів. За результатами обробки сигналів проведено виділення та аналіз діагностичних ознак тріщини.

Ключові слова: віброакустична діагностика, втомні тріщини, модифікований метод вимушених коливань, нестационарні збурення, обробка сигналів.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ДІАГНОСТИКИ ТА ОЦІНЮВАННЯ ВТОМНИХ ТРІЩИН ЗА ВІБРОАКУСТИЧНИМ МЕТОДОМ ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ

Тяпченко О.М., Бурау Н.І. Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Одним з найбільш теоретично досліджених та поширених на практиці методів вібраційної та акустичної діагностики елементів конструкцій є низькочастотний (0-25 кГц) віброакустичний метод вільних коливань (МВК), що полягає в ударному збудженні вільно згасаючих пружних коливань об'єкта діагностики (ОД) та подальшому аналізі їхніх параметрів і характеристик. Метод дає можливість контролю як елементів металевих конструкцій, так і елементів з неметалевих матеріалів з малими модулями Юнга та значними коефіцієнтами згасання пружних коливань (гуми, пластиків, багатошарових композитних матеріалів і т.і.) і є ефективним для виявлення початкових втомних пошкоджень, дефектів розшарування, порушення суцільності з'єднань, що мають місце на поверхні елементів, або ж знаходяться на деякій глибині. Зокрема, зародження та розвиток втомної тріщини в об'єкті діагностики (ОД) призводить до збагачення спектральної щільності його вільних коливань складовими на вищих гармоніках, що дало змогу визначити та дослідити багатовимірний вектор діагностичних ознак, складові якого є відношеннями спектральної щільності потужності (СЩП) основної гармоніки до СЩП вищих парних гармонік. За даним вектором розроблено алгоритми оцінювання відносного змінювання жорсткості ОД, як узагальненого параметру втомної тріщини, ефективність яких досліджено шляхом математичного та імітаційного моделювання.

Для підтвердження працездатності розроблених алгоритмів діагностики та оцінювання малих втомних тріщин в елементах конструкцій було проведено експериментальні дослідження. Для експериментів використано контрольовані металеві зразки з різними пружними характеристиками за відсутності пошкодження, за наявності концентратора напруги та за наявності втомної тріщини з подальшим збільшенням її розміру. Зразки випробувались за МВК, акустичні коливання, що випромінювались при миттєвому ударному збудженні зразків, вимірювались за допомогою вимірювальної системи з використанням звукової карти ПЕОМ. Для отриманих імпульсних відгуків проведено обробку з використанням методів швидкого перетворення Фур'є та Проні. Досліджено вплив зародження та початкового розвитку тріщини на виділені діагностичні ознаки (додаткові спектральні складові та коефіцієнти згасання), а також ефективність алгоритмів неруйнівного оцінювання малих втомних тріщин за результатами аналізу вимірюваних акустичних сигналів.

Ключові слова: віброакустична діагностика, втомні пошкодження, метод вільних коливань, обробка сигналів, діагностичні ознаки.

ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИЩИХ ПОРЯДКІВ В ЗАДАЧАХ ВІБРОАКУСТИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ РОТОРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ

Сопілка Ю.В., Бурау Н.І., Національний технічний університет “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Ефективність віброакустичної діагностики початкових втомних пошкоджень в роторних елементах турбомашин широкого кола застосування, в тому числі в лопатках робочих коліс авіаційних двигунів, значною мірою визначається можливостями використаних методів обробки діагностичної інформації. В процесі експлуатації двигуна в якості діагностичної інформації використовується вібраційний та акустичний шум, який являє собою складний та багатокомпонентний процес. Початкові втомні пошкодження роторних елементів призводять до порівняно малих змін корисного сигналу при значних рівнях перешкод, що ускладнює процедуру виділення та аналізу діагностичних ознак. Самі ж діагностичні ознаки повинні не тільки однозначно характеризувати стан контрольованого об'єкту, а й забезпечувати можливість виявлення дефекту на якомога ранній стадії його розвитку, тобто мати високу чутливість до його появи та початкового розвитку. Такі вимоги не забезпечуються при використанні традиційних методів спектральної обробки сигналів, бо складові, що містять інформацію про зародження та початковий розвиток дефекту, мають низький енергетичний рівень і практично не виділяються в реальних умовах вимірювання широкосмугового сигналу. Тому для діагностики початкових втомних пошкоджень в лопатках робочих коліс авіаційних двигунів пропонується застосувати методи обробки діагностичної інформації, які базуються на визначенні статистичних характеристик вищих порядків вимірянних сигналів.

В роботі проведено обробку змодельованих сигналів та експериментальних даних, отриманих за відсутності та наявності втомного пошкодження в імітаторі лопатки робочого колеса при стаціонарному вібраційному збуренні. Для діагностики пошкодження використано обробку вимірянних сигналів з визначенням безрозмірних амплітудних дискримінант, що формуються з середніх значень амплітуди вимірянних віброакустичних процесів, які визначаються як корінь деякого степеня з моменту того ж порядку. Для зменшення залежності діагностичних ознак від впливу завад було проведено поліспектральний аналіз, за яким визначено кумулянти та спектральні характеристики вищих порядків (біспектри) автокореляційних послідовностей змодельованих та вимірянних процесів. За результатами обробки діагностичної інформації проведено аналіз впливу зародження та початкового розвитку втомного пошкодження на виділені діагностичні ознаки.

Ключові слова: віброакустична діагностика, втомні пошкодження, обробка сигналів, статистичні характеристики вищих порядків.

СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРІВ НА ЕНЕРГО-МАС-АНАЛІЗАТОРІ ЛАЗЕРНОМУ

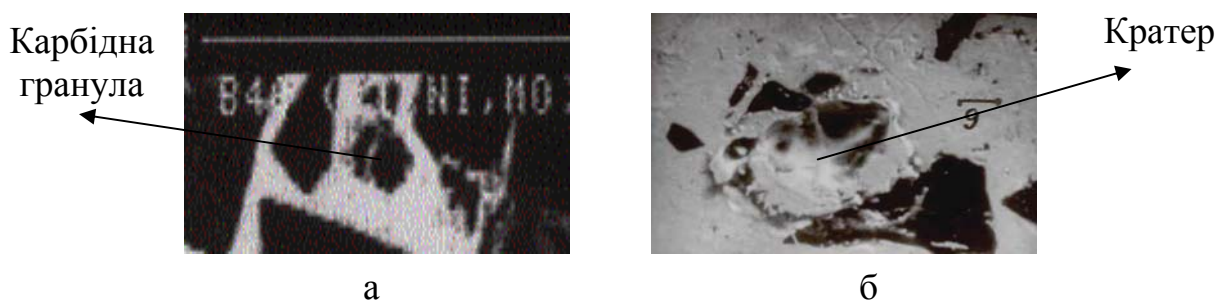
Дубровська Г.М., Бутенко Т.І., Бутенко В.О. Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

Лазерний мас-спектрометричний аналіз (ЛМСА) є одним з перспективних методів визначення елементного складу тугоплавких матеріалів і може ефективно використовуватися за умов ґрунтового вивчення фізичних процесів, які протікають при взаємодії ЛВ з тугоплавкими матеріалами. Процеси, які відбуваються в утвореній лазером плазмі, та з'ясування основних характеристик якості аналітичного контролю тугоплавких сполук в літературі відсутні. Мета дослідження – метрологічне забезпечення вимірювань на ЕМАЛ-2. Границя виявлення елементів, чутливість та діапазон концентрацій для даного приладу визначаються його технічними можливостями. Точність, яка визначає правильність (міру систематичних похибок) та відтворюваність (міру випадкових похибок), встановлюється дослідним шляхом і математичною обробкою результатів вимірювань.

Використання лазера, що працює в режимі модульованої добротності, передбачає такі його особливості : високу швидкість введення енергії випромінювання в речовину та тривалість імпульсу $\tau_{\text{лаз.}} \sim 2 \cdot 10^{-8}$ с. При густині потужності лазерного випромінювання $q \geq 10^9$ Вт/см² відбувається безфракційне випаровування речовини і її лавинна іонізація (~100%).

Проведено дослідження композиційного порошкового матеріалу (КМ) на основі карбід бору – зв'язка Ni-Ti-Mo, який рекомендовано використовувати як наплавочний сплав для зміцнення вставок бурильного інструмента.

Представлено електронно-мікроскопічні знімки структури поверхні КМ (а) та кратера після дії лазерного випромінювання (б).



Сформульовано алгоритм оцінки якості аналітичного контролю результату непрямого вимірювання абсолютної концентрації елементів. При дослідженні перехідної зони В₄С - зв'язка визначені точність та правильність результату вимірювання в залежності від відстані до карбідної гранули. Відтворюваність

результатів вимірювань встановлена перевіркою гіпотези про рівнорозсіяність груп результатів вимірювань.

Ключові слова: лазерний мас-спектрометричний аналіз, правильність методу, відтворюваність методу.

УДК 621.384

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ ІОНІВ У КВАДРУПОЛЬНОМУ МАС-СПЕКТРОМЕТРІ

*Славів В.М., Козусенок О.В. Ужгородський національний університет,
м. Ужгород, Україна*

З метою покращення параметрів динамічних мас-спектрометрів, зокрема квадрупольних, нами проведений аналіз траєкторії руху іонів в електричному високочастотному квадрупольному полі. Якщо до електродів квадрупольного конденсатора прикладена напруга виду $u = \pm(U + V \cos \omega t)$, то рух іонів в полі квадруполя описується рівняннями Мат'є, теорія яких достатньо повно викладена в літературі. Позначивши x , y – координати площини, перпендикулярної до осі конденсатора (вісь z) і розташувавши початок координат на вході, рівняння руху іонів приймають вид:

$$\begin{cases} \ddot{x} + (a + 2q \cos 2\xi)x = 0 \\ \ddot{y} - (a + 2q \cos 2\xi)y = 0 \\ \ddot{z} = 0, \end{cases}$$

де

$$a = \frac{8eU}{mr_0^2 \omega^2}, \quad q = \frac{4eV}{mr_0^2 \omega^2}, \quad \xi = \frac{\omega t}{2}, \quad \ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z} - \text{другі похідні координат } x, y, z \text{ по}$$

безрозмірній змінній ξ , r_0 – найкоротша відстань від осі до будь-якого з електродів, m , e – маса і заряд іона.

Характер траєкторій $y = f_1(\xi)$ і $x = f_2(\xi)$ нами промодельований за допомогою ЕОМ в середовищі «Математика 3.0» для трьох відношень $\lambda = \frac{U}{V}$: $\lambda_1 = 0,045$; $\lambda_2 = 0,1$; $\lambda_3 = 0,145$. Із аналізу стабільних траєкторій можна зробити наступні висновки:

- 1) відхилення стабільного іона від осі квадруполя тим більше, чим (при інших рівних умовах) більший кут вльоту іона відносно осі, чим далі від осі місце вльоту і чим ближче точка, що характеризує іон на діаграмі стабільності (a, q) до однієї з її меж;
- 2) з наближенням точки (a, q) до межі діаграми стабільності збільшується період низькочастотного биття траєкторій стабільного іона;

3) для іонів з однаковими відношеннями m/e спостерігається одночасний перетин осі z квадруполя незалежно від місця вльоту (x_0, y_0) ;

4) характер траєкторії залежить також від фази вльоту іона.

Ключові слова: мас-спектрометр, квадруполь, траєкторія

УДК 577.3 (024) : 620.179

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

*Цапенко В.К., Любимова Е.А. Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

При применении ультразвуковых методов в медицинской диагностике, в частности, при использовании ультразвуковой интроскопии, а тем более, компьютерной томографии, существенную роль в формировании эхоизображения играет скорость распространения звука в отдельных видах тканей. На изображении проявляются различия в скоростях в виде геометрических искажений.

Другой существенной характеристикой, влияющей на характер изображения, является затухание ультразвука, включающее в себя и рассеяние на структурных неоднородностях тканей.

Поскольку различия в скоростях распространения ультразвуковых волн в мягких тканях находится в пределах $+(-) 15\%$ от скорости звука в воде (1540 м/с), то метод и способ измерения скорости звука в мягких биологических тканях должны удовлетворять точности не хуже $\pm 0.1\%$.

На сегодняшний день в литературных источниках имеются данные только по нескольким видам тканей. Разработанная методика измерения и стенд позволяют заполнить существующий пробел по множеству тканей как здоровых, так и с наличием в них патологий.

Макет стенда для измерения акустических характеристик биологических тканей построен по схеме с эталонированием. В качестве эталонной среды используется жидкость с известными и стабильными характеристиками. На экспериментальном стенде можно исследовать и спектральные характеристики затухания звука в тканях.

Результаты исследования могут быть использованы при расчетах акустических трактов интроскопов и томографов, а также при расшифровке артефактов на изображениях.

Подготовка материала для оформления справочных данных относительно человеческих параметров обусловлена физиологическими нюансами и требует привлечения к сотрудничеству научных деятелей медицинских учреждений.

Ключевые слова: акустические характеристики биологических тканей, методы измерения скорости звука, ультразвуковая медицинская диагностика.

УДК 622.323

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОБУРА

*Гладь І. В. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна*

Найкращим способом буріння глибоких та горизонтально розгалужених свердловин є електробуріння. Тому актуальною є задача забезпечення високої надійності та ефективності електробура. Для його живлення застосовується система електропостачання електробура (СЕЕ) типу "два провідники-труба". При бурінні глибоких свердловин втрати напруги в елементах СЕЕ зумовлюють роботу асинхронного двигуна електробура в несиметричному режимі та при понижений напрузі живлення, що негативно впливає на його ресурс і перевантажувальну здатність.

Для підвищення експлуатаційної надійності та ефективності електробуріння виникає потреба контролювати режим роботи занурювального електродвигуна. З цією метою спроектована система контролю параметрів електроспоживання електробура (СКПЕЕ).

СКПЕЕ призначена для вимірювання фазних струму і напруги живлення електробура та фіксування їх значень у зручному для подальших наукових досліджень вигляді. В основі роботи СКПЕЕ є аналого-цифрове перетворення сигналів з первинних перетворювачів та їх запис у ЕОМ.

СКПЕЕ складається з блоку первинних перетворювачів (БПП) 1, блоку узгодження (БУ) 2, шестиканального аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) 3 та ЕОМ 4 з відповідним програмним забезпеченням. До складу БПП входять трансформатори струму і напруги, увімкнені в кожен фазу СЕЕ. БУ призначений для приведення електричних сигналів, що надходять від БПП, до нормованого діапазону 0...+5 В. АЦП складається власне з шести мікросхем АЦП (по одному АЦП на канал) та мікроконтролера, який керує роботою АЦП та пересилає оцифрований сигнал у паралельний порт ЕОМ. Остання виконує функцію самописця, який неперервно записує дані з шести каналів у файли на жорсткому диску.

Основні параметри СКПЕЕ: час запису – не більше 25 год.; максимальна первинна напруга – 6 кВ; максимальний первинний струм – 200 А; кількість каналів – 6; частота дискретизації – 5 кГц на канал; розрядність – 12; інтерфейс – LPT-порт; формат файлу даних – ASCII; операційна система – Windows-98; програмне середовище для обробки – Mathcad-2001.

Застосування СКПЕЕ дає змогу визначити повну, активну та реактивну потужність, яка споживається системою "струмопідвід-електробур", наявність і

величину вищих гармонік струму та коефіцієнт його несиметрії, досліджувати перехідні процеси в СЕЕ та здійснювати технічну діагностику СЕЕ, електробура і долота. В сукупності з математичною моделлю СЕЕ можливо визначити напругу на затискачах електробура опосередкованим методом.

Ключові слова: електробуріння, експлуатаційна надійність, контроль, електроспоживання, АЦП.