

СЕКЦІЯ 7
НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ, ТЕХНІЧНА ТА МЕДИЧНА
ДІАГНОСТИКА

УДК 534.232.082.74

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ТИПА В РЕЖИМЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ВОЛН РЭЛЕЯ**

¹Горбашова А.Г., ¹Петрищев О.Н., ²Сучков Г.М., ¹Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина, ²Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

Поверхностные волны Рэлея интенсивно используются для решения широкого круга практических задач в области неразрушающего контроля металлических изделий. Прежде всего, речь идет о дефектологическом исследовании поверхности и толщинометрии. При любом практическом использовании этого типа волн естественным образом возникает вопрос об эффективности их возбуждения и приема в заданном диапазоне частот. На сколько известно авторам, в настоящее время отсутствуют аналитические конструкции, которые позволяют получить содержательные ответы на сформулированные выше вопросы.

В работе излагается методика построения математической модели преобразования электромагнитного типа с вертикальным полем подмагничивания с индуктором кольцевой формы. Размеры поперечного сечения индуктора считает конечными. Математическая модель базируется на строгом решении уравнений теории упругости для бесконечного изотропного полупространства, на ограниченную область которого действует гармонически изменяющиеся во времени поверхностные нагрузки и распределенные в объеме полупространства под этой поверхностью объемных силы.

Общее решение граничной задачи динамической теории упругости, полученное в виде осесимметричных, радиально распространяющихся от области приложения внешних сил, поверхностных волн Рэлея, содержит указание, что для расчета частотной характеристики преобразователя требуются знание не самих компонентов векторов напряженности переменного магнитного поля и поверхностной плотности вихревого тока, а их интегральных образов по Ханкелю. Это очень важно хотя бы потому, что уравнения Максвелла после применения интегральных преобразования Ханкеля по радиальной координате редуцируются к системе обыкновенных дифференциальных уравнений по переменной z , которые разрешаются абсолютно точно и единственным образом для металлов с любыми характеристиками и даже для случая анизотропии электрических и магнитных свойств. Сравниваются эффективность вихретокового механизма образования деформаций и деформирования в результате проявления прямого

магнитострикционного эффекта в металлах ферромагнитной группы. Показано, что выбором соответствующих значений напряженности поля подмагничивания можно обеспечить абсолютное доминирование магнитострикционных эффектов над вихретоковым механизмом образования деформаций в металлическом полупространстве.

Ключові слова: поверхностные волны Рэлея, толщинометрия, дефектология.

УДК 621.643.03: 620.179.18

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГНИТНОГО МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПРИ МУФТОВОМ РЕМОНТЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

*Тымчик Г.С., Подолян А.А., Национальный технический университет Украины
“Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина*

Статистика показывает, что значительная часть из 5-6 тысяч дефектов, выявляемых при периодической проверке состояния магистральных трубопроводов на каждые 100 км длины, является недопустимыми и требует ремонта. Наиболее эффективный метод ремонта дефектных труб связан с установкой сварных муфт разных конструкций с внутренним наполнением. Наполнитель, запрессованный под давлением в подмуфтовое пространство, позволяет передать нагрузку от трубы на стенку муфты, разгрузив тем самым ремонтируемый участок трубопровода. Наличие воздушных пузырей приводит к резкому снижению эффективности всего ремонта, в связи с чем, процесс заполнения подмуфтового пространства многосекционных муфтах, устанавливаемых на протяженных участках трубопровода, требует оперативного контроля.

В работе проведена оценка возможности использования для целей контроля процесса запрессовки наполнителя в подмуфтовое пространство магнитных методов. Проведён расчёт магнитной цепи, включающей внешний магнит (электромагнит), внешнюю оболочку муфты, стенку трубы и участок подмуфтового пространства, заполненный наполнителем.

Получены основные математические зависимости, на основании анализа которых предложено несколько вариантов практической реализации магнитного метода, среди которых измерение намагничивающего тока, индуктивности, измерение магнитного потока, измерение с помощью тензодатчиков силы притяжения внешнего сердечника.

Показано, что для повышения достоверности полученных результатов, наполнитель должен иметь высокую магнитную проницаемость. Предложено использовать специальные добавки, повышающие магнитную проницаемость наполнителя без ухудшения параметров, определяющих его прочность.

Показано, что для выявления мест прилегания поверхностей трубы и

оболочки муфты, желательное комплексное использование магнитного и теплового методов контроля.

Рассмотрены варианты автоматического управления работой нагнетателей наполнителя с использованием информации от ультразвуковых датчиков, установленных на поверхности ремонтной муфты, при горизонтальном и наклонном расположении дефектного участка трубопровода.

Ключевые слова: трубопровод, ремонт, муфта, магнит, контроль.

УДК 616.314

ОЦІНКА ЗМІНИ ОБ'ЄМУ РЕЗОНАНСНОЇ КАМЕРИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ НАКЛАДНИХ ПРОТЕЗІВ

Кос Р. В., Вакалюк Я. І., Мельничук С. І., Романів В. М., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Правильне словотворення і вимова у зв'язку з протезуванням залежить не тільки від постановки зубів, але і від товщини та рельєфу вестибулярної і оральної поверхонь базису протеза, міжкоміркової висоти, фіксації та стабілізації протезу тощо. З метою класифікації можливих порушень зумовлених втручанням в конструкції мовного апарату та формування підходів щодо їх мінімізації проведено ряд експериментальних досліджень за якими оцінювалась оцінка зменшення об'єму резонансної камери ротової порожнини та енергетичні втрати при вимові, рис.1.

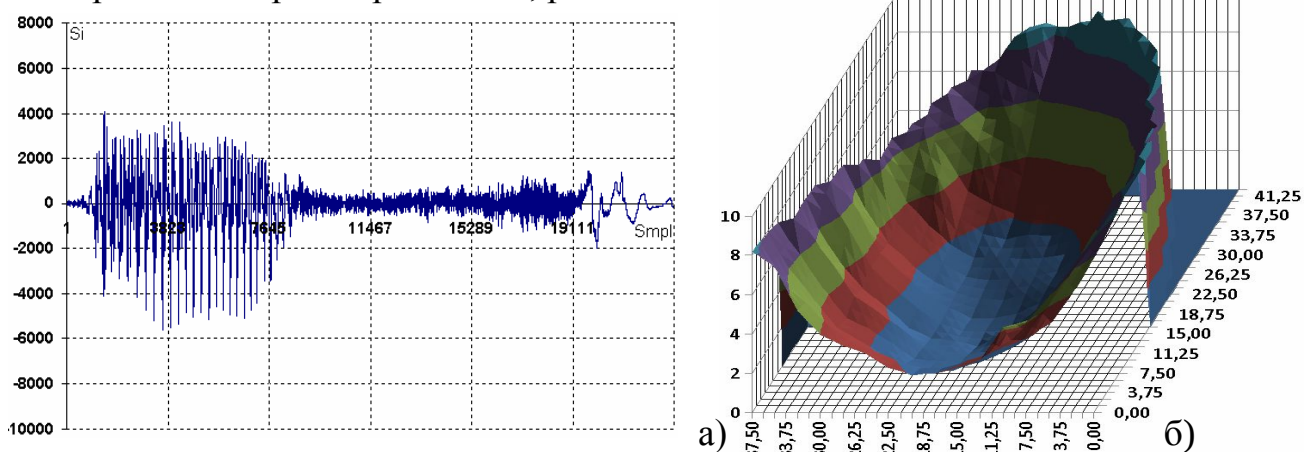


Рис.1. Амплітудне представлення вимови ключових слів а) та поверхня верхньої частини резонансної порожнини без протезу б)

В проведених дослідженнях здійснювалось визначення форми верхньої частини ротової порожнини без використання протезів та з двома протезами різних типів. В ході вимірювань зліпок поверхні перекрито сіткою з кроком 2,5 мм., проте із-за значних відхилень межових точок від крайньої крок зменшувався до 1,25 мм.

На основі отриманих даних побудовано графічне представлення матриці поверхні, здійснено поліноміальну апроксимацію за якою визначено проміжні точки. В результаті отримано 3D моделі ротової порожнини без використання та з використанням протезів а також визначено зміну об'єму резонансної порожнини. Доцільно зазначити, що найменші енергетичні втрати спостерігаються при використанні протезу нового зразка, який, окрім інших позитивних характеристик, забезпечує найменше зменшення об'єму резонансної порожнини.

Ключові слова: вимірювання, поверхня, об'єм, стоматологія-ортопедія.

УДК 620.179.14

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕМЕННО-ЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИУСА НЕМАГНИТНОГО ПРОВОДЯЩЕГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ИЗДЕЛИЯ

Багмет О.Л., Романюк М.И., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

Однопараметровый электромагнитный переменного-частотный метод может использоваться при разбраковке прутков из немагнитных сталей и слабомагнитных материалов, в тех случаях, там где необходима калибровка изделий по радиусу (диаметру), например, для отборе прутков для станков с ЧПУ. Метод позволяет измерить радиус цилиндрического изделия для конкретной марки немагнитного или слабомагнитного материала с известным значением удельной электропроводности. Достоинства данного метода: бесконтактность, надежность и простота реализации.

Цилиндрическое изделие помещается в трансформаторный проходной электромагнитный преобразователь (ТЭМП), который включен в схему установки, не требующую компенсации части ЭДС электромагнитного преобразователя, обусловленной паразитным магнитным потоком в воздушном зазоре между изделием и измерительной обмоткой преобразователя.

Условие реализации переменного-частотного метода состоит в поддержании постоянства значения фазового угла вносимой электродвижущей силы (ЭДС) $\varphi_{вн} = \varphi_{вн1} = \text{const}$ при изменении радиуса изделия путем изменения частоты f магнитного поля. Вносимая ЭДС трансформаторного электромагнитного преобразователя (ТЭМП), обусловлена магнитным потоком в цилиндрическом изделии, возникающим при внесении его в преобразователь. Параметр $\varphi_{вн1}$ характеризует рабочую точку x_1 на универсальной функции преобразования $\varphi_{вн1} = f(x)$, здесь x – обобщенный электромагнитный параметр, характеризующий степень затухания магнитного поля в изделии. Выходным сигналом преобразователя является частота намагничивающего тока.

Построены градуировочные характеристики ТЭМП, рассчитаны значения абсолютной чувствительности S ТЭМП к изменению радиуса для алюминиевого и стального изделий. На основании этих расчетов выбраны оптимальные режимы работы преобразователя.

Ключевые слова: измерение радиуса, цилиндрическое немагнитное изделие, переменного-частотный электромагнитный метод, чувствительность, сталь, алюминий.

УДК 04.891.3

ВІРТУАЛЬНИЙ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФ

Кришко Л.С., Яганов П.О., Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Сучасні комп'ютерні технології значно розширюють можливості систем збору і обробки даних різного призначення. До провідних технологій останніх десятиліть належить технологія віртуальних приладів (ВП). Вона дозволяє створювати мобільні багатофункціональні діагностичні системи, які візуалізують сигнали, здійснюють їх обробку, архівування, формують спеціалізовані бази даних. Розвиток мережевих технологій дозволяє сучасній діагностичній системі проводити аналіз і обробку даних як біля джерела інформації, так і дистанційно, використовуючи можливості Internet. Однією з таких систем може бути кардіографічна діагностична система. Прикладом реалізації є віртуальний кардіограф, представлений в даній роботі.

Віртуальний електрокардіограф являє собою апаратно-програмний комплекс, в якому за допомогою спеціальних програм візуалізується сигнал електрокардіограми (ЕКГ) та проводиться його обробка, а апаратна частина забезпечує введення цього сигналу в комп'ютер. Для розробки комп'ютерного кардіографа використано програмне середовище LabVIEW. Дуже часто ЕКГ знімається в присутності шумів, що спотворює сигнал і перешкоджає правильній оцінці параметрів даної ЕКГ. Було застосовано простий та ефективний спосіб подавлення шумів за допомогою інструментів програмного середовища LabVIEW, а також реалізовано зручний інтерфейс користувача для визначення основних параметрів кардіограм. Даний програмний модуль здійснює аналіз ЕКГ, які надходять у комп'ютер або безпосередньо, або за допомогою комп'ютерних мереж.

Користувачем обов'язково зазначаються верхній і нижній пороги числа серцевих скорочень (ЧСС), тобто пульсу. Інформація, що виводиться на панелі після аналізу ЕКГ, така: визначення числа піків ЕКГ за час подачі сигналу (мінімум 20 с); визначення частоти серцебиття в Гц; визначення ЧСС; загорання попереджувального індикатора у випадку, якщо ЧСС перебуває за

межами норми; визначення середнього значення періоду серцебиття в секундах; спостереження аритмії і загоряння відповідного індикатора у місці виявлення аритмії на ЕКГ; занесення результату аналізу у файл звіту.

Розглянутий кардіограф є зручним, мобільним, дешевим приладом для аналізу ЕКГ. Він виявляє себе як доступний, недорогий, альтернативний варіант розробки подібних приладів, що до того ж може бути набагато легше пристосований до різноманітних цілей і задач, ніж решта приладів, реалізованих у конкретних апаратних схемах.

Ключові слова: електрокардіограма (ЕКГ), шуми, віртуальний прилад (ВП), визначення піків, частота серцевих скорочень (ЧСС).

УДК 620.179.14:621.318.3

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОЭРЦИТИМЕТРОВ, ОСНОВАННЫХ НА ПОНДЕРОМОТОРНОМ СПОСОБЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВА

Гальченко В.Я. , Якимов А.Н. , Остапущенко Д.Л., ГУ «Луганский государственный медицинский университет», г. Луганск, Украина

При исследовании магнитных свойств материалов с использованием пондеромоторного способа требуется обеспечить постоянство величины $H \text{ grad } H$ по всей длине образца. Это условие можно выполнить за счет выбора формы полюсных наконечников намагничивающего устройства (НУ) коэрцитиметра.

Целью данного исследования является разработка метода проектирования, позволяющего автоматизировать процесс поиска оптимальных конструктивных параметров коэрцитиметров пондеромоторного типа. В отличие от [1] в данной работе осуществляется учет нелинейной зависимости намагниченности ферромагнетика от напряженности магнитного поля. При этом полюсные наконечники НУ представляются в виде набора цилиндрических полюсных элементов. Требуется найти значения их радиусов и высот, обеспечивающие необходимое распределение магнитного поля в рабочем объеме магнитной системы. Решение поставленной задачи сводится к минимизации целевой функции, учитывающей степень отклонения величины $H \text{ grad } H$ от требуемого значения. Для решения поставленной задачи используется разработанный авторами гибридный алгоритм оптимизации роением частиц с эволюционным формированием состава роя [2], позволяющий находить глобальный оптимум. Учет нелинейных свойств ферромагнитных элементов магнитной системы осуществляется с использованием аппарата пространственных интегральных уравнений. На основе данного метода расчета поля и предложенного авторами алгоритма оптимизации разработано специализированное ПО, обеспечивающее поиск требуемого решения с минимальными временными затратами.

Ключевые слова: пондеромоторный способ контроля, намагничивающее

устройство, форма полюсных наконечников, пространственные интегральные уравнения, глобальная оптимизация.

Литература

1. Гальченко В.Я. Оптимальный синтез источников магнитного поля для намагничивающих устройств неразрушающего контроля / В.Я. Гальченко, А.Н. Якимов // Приладобудування 2010: стан і перспективи: Тез. доп. IX Міжнародної науково-технічної конференції. – К.: ПФФ, НТУУ «КПІ». – 2010. – С. 230-231.
2. Гальченко В.Я. Поиск глобального оптимума функций с использованием гибрида мультиагентной роевой оптимизации с эволюционным формированием состава популяции / В.Я. Гальченко, А.Н. Якимов, Д.Л. Остапуценко // Информационные технологии. – 2010. – № 10. – С. 9-16.

УДК 681.784.88

ДІАГНОСТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОРУШЕНЬ ЗА СТАТИСТИЧНИМИ ОЦІНКАМИ ШУМІВ ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

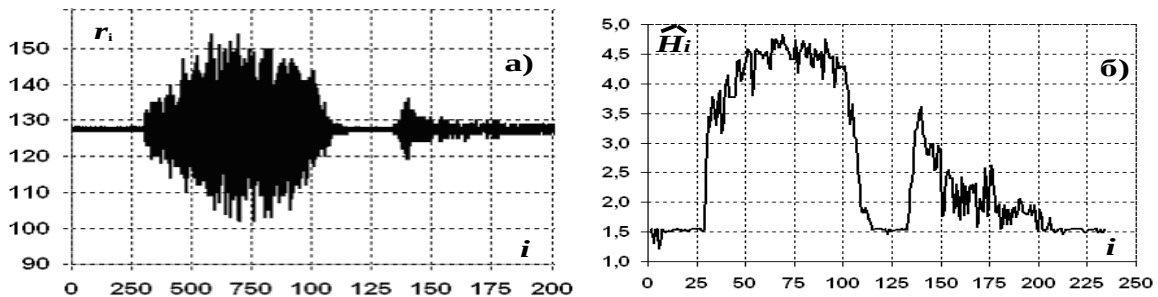
Івасів Т.В., Черевко О.В., ПВНЗ “Галицька академія”, м. Івано-Франківськ, Україна

Загальновідомі методи діагностування захворювань дихальної системи ґрунтуються на обробці шумів. Ці методи базуються на прослуховуванні дихальних шляхів людини, зокрема аускультация. Крім того існує спектральний метод, який застосовується менше внаслідок значної вартості обладнання та необхідної спеціальної підготовки персоналу.

З огляду на це, доцільно відзначити необхідність проведення досліджень в області діагностування дихальних шумів, а також застосування нових підходів для їх обробки, які б дозволили реалізувати менш затратні обчислювальні алгоритми.

Сучасні експертні системи, як уже зазначалось, ґрунтуються на аналізі амплітудно-частотних характеристик шумів породжених дихальними рухами. Що не дозволяє провести такі дослідження в динамічному режимі.

Однією з можливостей вдосконалення системи обробки є застосування різних статистичних оцінок, зокрема дисперсії, СКВ, центральних моментів вищих порядків, ентропії, тощо. В цьому випадку представлення дихальних рухів реалізується в вигляді статистичних оцінок послідовних фрагментів, рис. 1.



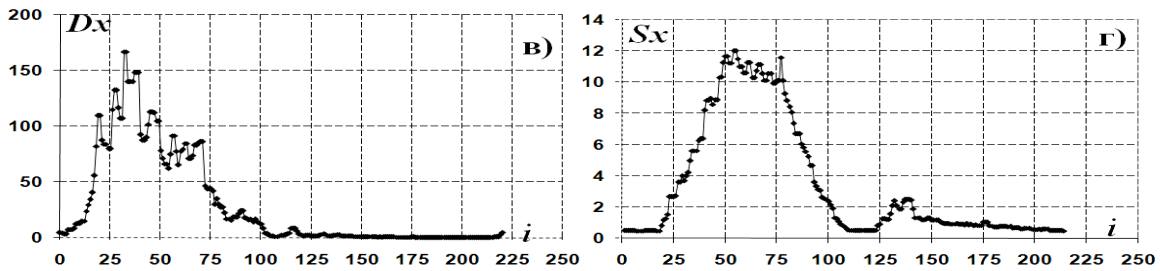


Рис. 1 – Представлення шумів циклу дихальної системи порушення “стридор” :
а) амплітудно-часове; б) ентропійне; в) дисперсійне; г) СКВ

Серед розглянутих представлень можна відзначити, що найбільш характерна огинача шумів одного дихального циклу притаманна ентропійному представленню, що дозволяє в подальшому використати її при кореляційному аналізі.

Ключові слова: діагностування, статистичні оцінки, кореляція.

УДК 616.12-008

ФУНКЦІОНАЛЬНА ДІАГНОСТИКА ІШЕМІЧНОЇ ХВОРОБИ СЕРЦЯ: СЬОГОДНІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

*Єрьоміна О.О., Кременчуцькій національний університет імені Михайла Остроградського,
м. Кременчук, Україна*

Серед європейських країн Україна посідає одне з перших місць за смертністю населення від ІХС: у віці до 64 років Україна посідає перше місце серед цих країн (143,78/100 000 населення), і поки офіційна медична статистика буде наводити такі показники, заходи щодо профілактики, ранньої доклінічної діагностики та лікування хворих зазначеної патології будуть перебувати у категорії актуальних.

Мета роботи полягає у здійсненні аналізу клініко-функціональних діагностичних проявів прогресуючої ІХС на межі між зворотними і незворотними процесами та в опрацюванні концептуальної моделі комплексу неінвазивних приладів, здатних підвищити ефективність діагностики.

Наукова новизна становить те, що з метою підвищення інформативності опрацювання первинних даних: ЕКГ, за методикою Холтера, доповнена одночасною реєстрацією фотоплетизмографії та миттєвого систолічного тиску крові з використанням апріорі складеного алгоритма роботи комплексу.

Результати дослідження. Комплекс обладнання, призначений для здійснення амбулаторного моніторингу за хворими на ІХС, складається з двох частин: 1/ мобільного індивідуального блоку і 2/ ПООС (пунктом остаточного опрацювання сигналу), оснащеного стаціонарними швидкісними і потужними ЕОМ.

Висновки. Виходячи з аналізу клініко-діагностичних проявів прогресуючої ІХС на межі між зворотними і незворотними процесами, дійшли до висновку

щодо удосконалення і підвищення верифікації позаклінічного, тривалого моніторингу хворих на ІХС, виходячи із досягнень і можливостей сучасної радіоелектроніки, засобів зв'язку та обробки інформації.

Ключові слова: амбулаторний моніторинг, ішемічна хвороба серця, удосконалення, функціональна діагностика.

Література

1. Лизогуб В.Т., Кузько Н.В. Ишемическая болезнь сердца. – К., Здоров'я, 2007. – 432 с.
2. Негрій О. І., Негрій О. О. Аналіз клініко-діагностичних ознак ішемічної хвороби серця (ІХС), прийнятих для забезпечення амбулаторного моніторингу (попереднє повідомлення). Матеріали І Всеукраїнської науково-практичної конференції Медичні технології і вища освіта. (м. Луцьк, 28 травня 2004 р.) – Облдрук; м. Луцьк, 2004. – С. 130.

УДК 620.179.14

АНАЛІЗ МЕТОДИЧНИХ ПОХИБОК ВИЗНАЧЕННЯ ІНФОРМАТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛІВ ВИХРОСТРУМОВОЇ ДЕФЕКТОСКОПІЇ

Куц Ю.В., Лисенко Ю.Ю., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Один з актуальних напрямів розвитку вихрострумowego неруйнівного контролю (ВСНК) пов'язаний з удосконаленням та розробкою нових способів обробки інформативних сигналів з метою зменшення впливу перешкоджаючих факторів, збільшення глибини зони контролю, підвищення точності вимірювання інформативних параметрів сигналів на фоні завад тощо. Найчастіше у ВСНК як інформативні використовують амплітудні та фазові характеристики гармонічних сигналів після модуляції параметрами об'єкта контролю (ОК). Ці характеристики традиційно визначаються за допомогою амплітудних, фазових чи синхронних детекторів, які мають значну інерційність і не забезпечують можливості контролю зміни інформативних характеристик на інтервалах часу, співставних з періодом вимірювального сигналу.

Прагнення збільшити глибину контролю змушує зменшувати частоту вимірювального сигналу до десятків герц. За цих умов та з урахуванням необхідності забезпечення динамічного режиму контролю виникає необхідність визначення амплітудних та фазових характеристик сигналу (АХС та ФХС) при їх одночасній зміні на інтервалах часу, менших за один період сигналу.

В доповіді розглянуто застосування перетворення Гільберта для визначення АХС та ФХС і досліджено методичні похибки вимірювання, які виникли внаслідок обмеженого часу аналізу. З цією метою проведено моделювання наступної задачі: контролюється провідний ОК за допомогою трансформаторного вихрострумowego перетворювача (ВСП), який збуджується гармонічним сигналом частотою f ; вихідний сигнал вимірювальної котушки представляється у вигляді:

$$u(t) = U(1 + a(t)) \cdot \cos(2\pi f t + \varphi(t)), t \in (0, T_e), \quad (1)$$

де $a(t), \varphi(t)$ – функції, які залежать від зміни в часі параметрів ОК, U – амплітуда сигналу, $T_{\text{с}}$ – час спостереження.

Необхідно визначити оцінки функцій $a(t), \varphi(t)$ та визначити похибки їх оцінювання. Моделювання цієї задачі виконувалось в середовищі MatLab. Функції $a(t), \varphi(t)$ відрізнялись від нуля на інтервалі часу $T_{\text{м}} = 3 \div 5$ періодів.

Проведене моделювання підтвердило можливість визначення АХС та ФХС ВСНК та оцінки їх зміни в реальному часі з високою точністю. Абсолютні похибки оцінки цих параметрів $\Delta a(t) = \Delta \hat{a}(t) - a(t)$ та $\Delta \varphi(t) = \Delta \hat{\varphi}(t) - \varphi(t)$ в проведених експериментах не перевищували відповідно 0,04 при $U = 1$ та 0,02 рад. Крім того виявлено, що зі скороченням $T_{\text{м}}$ похибки $\Delta a(t)$ та $\Delta \varphi(t)$ значно зростають. Розробка способів їх зменшення потребує проведення додаткових досліджень.

Ключові слова: вихрострумний контроль, перетворення Гільберта, амплітудна та фазова характеристики сигналу.

УДК 519.2

ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ КОНТРОЛЮ ВИРОБІВ З НЕОДНОРІДНОЮ СТРУКТУРОЮ

Галаган Р.М., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Деякі вироби (наприклад, виготовлені з електротехнічної порцеляни) мають неоднорідну структуру, яка обумовлюється технологічними факторами їх виготовлення. При цьому дефекти, які необхідно виявляти при ультразвуковому неруйнівному контролі цих виробів, також обумовлюються технологічними факторами (дефект типу відкрита мікроскопічна пористість(ВМП)), і впливають на їх фізико-механічні характеристики.

Для виявлення ВМП використовують ультразвукову структуроскопію (УЗС), яка ґрунтується на вимірюванні швидкості ультразвукових коливань в об'єкті контролю. УЗС проводиться в різних точках виробу, щоб охопити контролем якомога більший його об'єм. Для забезпечення можливості використання статистичних критеріїв в кожній точці проводиться n вимірів. Так як вимірювання в окремих точках рознесені в часі і просторі, то можлива поява неконтрольованих змін умов вимірювань, що може привести до появи грубих похибок (промахів). Причинами грубих похибок також можуть бути несправність апаратури, помилки оператора та ін. Для виключення грубих похибок використовують статистичні критерії: Ірвіна, Романовського, варіаційного розмаху, Діксона, Смірнова, Шовене.

Пропонується після виключення грубих похибок проводити самодіагностику системи неруйнівного контролю, яка заключається в перевірці збіжності результатів вимірювань в окремих точках. Збіжність визначається як прецизійність в умовах повторюваності, тобто умовах, при яких незалежні

результати вимірювань отримуються одним і тим же методом на ідентичних об'єктах досліджень, одним і тим же оператором з використанням одного й того ж обладнання, в межах короткого проміжку часу. При цьому прецизійність характеризує ступінь близькості одне до одного незалежних результатів вимірювань, отриманих в конкретних регламентованих умовах.

Пропонується додатково ввести в систему ультразвукової структуроскопії спеціальний програмний блок статистичної діагностики, за допомогою якого виключаються результати з грубими похибками, після чого проводиться контроль збіжності вимірювань за рахунок використання статистичних критеріїв перевірки розбіжностей дисперсій отриманих даних. Для перевірки гіпотез про однорідність дисперсій використовують параметричні критерії (за умови, що закон розподілу виміряних величин не суперечить нормальному) Фішера (при порівнянні двох дисперсій) та Кохрена (при порівнянні ряду дисперсій). Такий підхід дозволяє підвищити достовірність контролю.

Ключові слова: ультразвук, статистичний аналіз, збіжність, достовірність.

УДК 681.2.08

ЄМНІСНИЙ МЕТОД КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ДЕФЕКТОСКОПІЧНИХ РІДИН

*Витвицька Л.А., Чуйко М.М., Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Чутливість та достовірність капілярного контролю на наявність поверхневих дефектів в значній мірі залежить від якості дефектоскопічних рідин та дотримання технології проведення дефектоскопії. Важливу роль при цьому відіграє правильний підбір дефектоскопічних матеріалів для конкретної досліджуваної поверхні об'єкту, оскільки безпосередня взаємодія визначається процесом змочування і розтікання рідини поверхнею об'єкта контролю.

Для оцінки якісних властивостей пенетрантів і проявників пропонується ємнісний метод контролю, який дає можливість проаналізувати змочувальні характеристики рідин для конкретних досліджуваних поверхонь твердих тіл на основі залежності зміни ємності конденсатора від швидкості розтікання рідини поверхнею твердого тіла, що і відіграє роль якісного параметра контролю. В свою чергу, швидкість розтікання залежить як від фізичних параметрів рідини (поверхневого натягу, густини, в'язкості), так і від стану поверхні твердого тіла (шорсткості, напруженого стану, чистоти).

При розтіканні краплі рідини поверхнею твердого тіла в ідеальному випадку змочену площу можна вважати колом, при якому розтікання відбуватиметься за гідродинамічним в'язким режимом. Тоді на основі рівняння радіуса плями розтікання виводиться відношення коефіцієнтів розтікання для еталонної (1) та досліджуваної (2) рідин:

$$\frac{S_{p1}}{S_{p2}} = \frac{r_1^4}{r_2^4} \cdot \frac{\rho_1 \cdot \eta_1}{\rho_2 \cdot \eta_2} \cdot \frac{m_2 - m_{2i}}{m_{1i} - m_{1i}} \cdot \frac{t_2}{t_1},$$

де S_{p1} , S_{p2} — коефіцієнти розтікання двох рідин; r_1 , r_2 — радіус плями розтікання за час t_1 , t_2 відповідно; ρ_1 , ρ_2 — густина; η_1 , η_2 — динамічна в'язкість; m_1 , m_2 — маса крапель відповідних рідин в початковий момент розтікання, m_{1i} , m_{2i} — маса випаруваних частин крапель за час t_1 і t_2 .

У свою чергу, зміна площі плями розтікання приводить до зміни ємності конденсатора, між обкладинками якого розташований зразок досліджуваної поверхні, на котру дозовано наноситься крапля рідини. Електродами є також шорстка поверхня твердого тіла на межі розділу "тверде тіло – рідина" та гладка поверхня рідини на межі розділу "рідина – газ". Таким чином, порівнюючи характер зміни диференційної ємності для досліджуваної та еталонної рідин, можна комплексно оцінити змочувальні властивості дефектоскопічних матеріалів.

Ключові слова: дефектоскопічні рідини, змочуваність, коефіцієнт розтікання, ємність конденсатора.

УДК 621.315.592

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ КРИВИХ РІВНИХ ГУЧНОСТЕЙ ЗВУКУ

Дрозд В.П., Яганов П.О., Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Гучність звуку – суб'єктивна оцінка рівня звукового сигналу, яка залежить від стану органів слуху конкретної людини. Фізіологічні особливості, вроджені чи набуті патології слухового апарату впливають на те, як людина сприймає акустичний сигнал одного рівня на різних частотах.

В лікуванні вад слуху необхідні спеціальні апаратні засоби, за допомогою яких корегують передаточну характеристику залежності рівня звукового сигналу від частоти. Нерівномірну чутливість людського вуха до звуків різних частот усувають, застосовуючи електронні частотні фільтри. Їх передаточні характеристики наближені до кривих рівних гучностей звуку (РГЗ). Дані для побудови кривих РГЗ отримані на основі репрезентативної вибірки обстежень людей зі здоровим слуховим апаратом. Таблиці даних є нормативними і затверджені відповідними міжнародними стандартами (ISO 226: 2003).

Основу елементної бази сучасних електронно-обчислювальних засобів складають програмно керовані мікросхеми, здатні реалізовувати практично будь-яку форму передаточних характеристик. Для ефективної реалізації їх можливостей розробнику фільтрів бажано мати аналітичну функцію, що описує криві РГЗ. В цьому випадку сімейство кривих РГЗ може бути представлено з довільною дискретизацією. В роботі представлено апроксимаційну модель

передаточної характеристики рівня звукового тиску для програмно керованих фільтрів. Використано математичний апарат регресійного аналізу.

Вид отриманої залежності:

$$P = 344,5 - 0,52f + 0,9g - 15,3g \cdot f^{-1} + 0,062 g^2 \cdot f^{-1} - \\ - 212,28f^{0,5} + 71,08f^{0,5} - 1,8 \cdot 10^{-3}fg^{0,5} + 8,02 \cdot 10^{-5}f^2 + 5,1 \cdot 10^{-3}g^2 - \\ - 8,3 \cdot 10^{-7}f^{2,5} + 2,62 \cdot 10^{-9}f^3 - 3,63 \cdot 10^{-8}fg^2 + 1,87 \cdot 10^{-11}f^2g^2$$

де: P – рівень звукового тиску [дБ], f – частота [Гц], g – гучність звуку [фон].

Результат моделювання може бути використаний для побудови програмно керованих фільтрів у складі систем корекції слуху, діагностичній та лікувальній апаратурі, шумомірах, синтезаторах звуку, тон-компенсаційних регуляторів гучності тощо.

Ключові слова: рівень звукового тиску, поліноміальна модель, регресійний аналіз.

УДК 319.216

СИСТЕМА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИГНАЛІВ ДЕФЕКТОСКОПУ ПРИ НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ ВИРОБІВ З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

¹Єременко В.С., ¹Переїденко А.В., ²Павленко Ж.О., ¹Національний авіаційний університет,
²НТУУ «КПІ», м.Київ, Україна

В задачах безеталонної діагностики композиційних матеріалів, а також у випадку використання нейронних мереж (НМ) в якості ядра класифікатора, наявність адекватної моделі інформаційних сигналів (ІС) дефектоскопу, які характерні для об'єктів з різними типами дефектів або ступенями пошкодженості, має велике значення, оскільки дає змогу вирішити одночасно декілька задач. По-перше, існування такої моделі дозволяє побудувати базу ІС, які характеризують можливі дефекти композитів, а отже можуть бути використані для навчання та настройки НМ та інформаційно-діагностичної системи (ІДС) в цілому без фізичного виготовлення подібних зразків. По-друге, розроблена модель ІС може використовуватись для формування та прийняття вирішального правила діагностики, а також класифікації вхідних даних НМ, для вибору найбільш вдалої архітектури та типу мережі, оцінки ефективності навчання та роботи НМ, вибору граничного значення чутливості ІДС, її валідації, перевірки вірогідності контролю і, у випадку необхідності, коригування параметрів системи тощо.

В роботі розглядається спеціально розроблена система, яка здатна виконувати спектральний розклад отриманих ІС, виконувати розрахунок та побудову власного ортогонального базису для спектрального представлення отриманих ІС, що дозволяє зменшити кількість коефіцієнтів розкладу, підвищуючи ефективність подальшої обробки ІС та роботи ІДС. Використовуючи побудований базис, можна провести синтез ІС, що відповідають різним ступеням пошкодженості досліджуваних зразків (які не були відомі раніше). Для цього в системі присутній модуль побудови апроксимаційної моделі функції розподілу відповідних значень коефіцієнтів

спектрального розкладу в залежності від зміни ступеня пошкодження досліджуваних зразків. Для апроксимації функції в системі використовуються кубічні сплайни Ерміта, квадратичні сплайни, а також інтерполяційні поліноми Лагранжа. Для вибору методу побудови імітаційної моделі ІС дефектоскопу в системі реалізовано модуль статистичної оцінки отриманих значень коефіцієнтів спектрального розкладу.

Розроблена система використовувалась для синтезу ІС дефектоскопа, що реалізує метод низькошвидкісного удару, при контролі стільникових панелей з ударними пошкодженнями.

На основі отриманих результатів було побудовано імітаційну модель ІС, яка враховує детерміновану та випадкову складові реальних сигналів. Розроблено алгоритм проведення імітаційного моделювання ІС. На його основі із застосуванням описаної системи було проведено серію комп'ютерних експериментів по моделюванню зазначених ІС. Перевірено якість імітаційної моделі та встановлена відповідність характеристик створеної моделі властивостям реальних сигналів. Практична значущість розробленої системи полягає у тому, що виключає потребу проведення експериментів на реальних зразках, що призводить до зменшення часових, технічних та економічних витрат.

Ключові слова: неруйнівний контроль, композиційні матеріали, модель.

УДК 534.647(043.2)

СИСТЕМА ЗБОРУ ДАНИХ НА БАЗІ ПЛАТФОРМИ NI COMPACTRIO

¹⁾Суслов Є.Ф., ¹⁾Шегедін П.А., ²⁾Павленко Ж.О., ¹⁾Національний авіаційний університет, ²⁾Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”», м. Київ, Україна

У зв'язку з постійним збільшенням вимог, що пред'являються до інформаційно вимірювальних систем (ІВС) особливої актуальності набуває використання автономних апаратно програмних комплексів збору та обробки інформації, що можуть бути запрограмувати на виконання широкого спектру задач обробки вимірювальних даних. Використання подібних платформ разом із інтегрованими середовищами графічними програмування дозволяє значно спростити процес розробки програмного забезпечення ІВС.

Прикладом такої ІВС є розроблена система збору та первинної обробки даних на базі платформи CompactRIO. Система дозволяє вирішувати широкий спектр задач, що виникають при діагностиці тягово-рухомого складу потягів, а саме інформаційних сигналів з датчиків віброприскорень, механічних деформацій та акустичних сигналів.

Апаратна частина платформи складається з шасі із вбудованою програмованою логічною схемою (ПЛІС), контролера та спеціалізованих модулів вводу виводу. Завдяки ПЛІС CompactRIO дає можливість реалізовувати алгоритми обробки вимірювальних даних на апаратному рівні із детермінованим періодом виконання 25 нс без перенесення завантаження на центральний процесор контролера. Широкий спектр доступних периферичних модулів дозволяє оптимізовувати систему під виконання кожного окремого завдання, як наприклад отримання координат через GPS чи передачі вимірювальних даних за допомогою Wi-Fi мережі.

Розроблене спеціальне програмне забезпечення системи дозволяє проводити збір інформації одночасно по 28 каналах з частотою дискретизації до 1 кГц. на канал. Система може бути використана для реєстрації віброприскорень, що виникають на ключових вузлах конструкцій тягово-рухомого складу при проведенні вібродіагностики. При проведенні таких випробувань проводиться запис сигналів з акселерометричних датчиків під час руху потягів в стандартному експлуатаційному режимі. Для прив'язки даних віброприскорень до конкретних ділянок колії, та ідентифікації кривизни ділянок колії використовується GPS – навігація. На даний момент система використовується для створення інформаційно-вимірювальної ділянки колії для реєстрації аномального впливу коліс на рейки та ідентифікації зношених колісних пар, з метою зниження руйнівного впливу дефектних коліс на колії та продовження експлуатаційного ресурсу рейок. Система проводить запис сигналів з чотирнадцяти тензорезисторів та двох акселерометрів. Тензорезистори наклеєні на ділянку рейки довжиною 3 м., що відповідає довжині кочення колеса.

Перевагою розробленої системи є гнучкість її архітектури, висока швидкодія, достовірність обробки інформації, а також широкі можливості її представлення та реєстрації.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, тензорезистор, вимірювання, акселерометр, віброприскорення.

УДК 624.072.002.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛА СТАЛЬНОЙ БАЛКИ МЕТОДОМ ЛОКАЛЬНОГО РАЗРУШЕНИЯ

¹Иванов А. П., ¹Филатова Л. Н., ²Голоднов А. И., ¹ДонГТУ,
²ООО «Укринсталькон им. В.Н. Шимановского», г. Алчевск, Украина

Исследованиям подвергалась предварительно напряженная бистальная балка серии БСУ, изготовленная на ДЗМК им. И.В. Бабушкина в 1981 году. Длина балки составляла 2820 мм. Сечение: верхний пояс – 200х14 мм, нижний пояс – 100х14 мм, стенка – 300х10 мм.

Предварительное напряжение осуществлялось методом упреждающего разогрева. Сущность этого метода заключалась в том, что к исходному тавру, состоящему из верхнего пояса и стенки, приваривался нижний пояс, разогретый перед сваркой поясных швов газовыми горелками до температуры примерно 300 °С.

После сварки поясных швов и остывания нижнего пояса балка получила обратный выгиб. Распределение остаточных напряжений при этом в сечении балки стало обратным по отношению к тому, которое возникает при эксплуатационной нагрузке: верхний участок стенки и верхний пояс стали растянутыми, а участок стенки, примыкающий к нижнему поясу, сжатым. Нижний пояс балки, изготовленный из более прочной стали, чем исходный тавр, остался предварительно растянутым.

Перед испытаниями балки на изгиб были проведены испытания материала поясов и стенки балки с целью определения механических характеристик.

Для решения этой задачи был использован метод «среза резьбы». В отличие от известных метод «среза резьбы» является безобразцовым, т.е. для определения прочностных характеристик металла нет необходимости изымать материал из конструкции.

Испытания проводились на металле балки без нарушения целостности с локальным разрушением в небольшом объеме. Для проведения испытаний был использован винт с высотой режущей части в два шага (1,6 мм) и внешним диаметром 4,85 мм. Разрушение витков резьбы производилось с помощью специально изготовленного прибора ИПМ-23М, применение которого позволило определять прочность металла с достаточной для практических целей точностью. Испытания проводились в автоматическом режиме с записью и последующей компьютерной обработкой результатов.

В ходе проведенных испытаний получено распределение механических характеристик стали в поясах и стенке балки, а также в зоне сварного шва и в околошовной зоне.

Ключевые слова: метод «среза резьбы», механические характеристики.

УДК 654.05 (043.2)

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТОЧНОЇ ЧАСТОТИ МОДУЛЬОВАНИХ ГАРМОНІЧНИХ СИГНАЛІВ

¹Дергунов О.В., ¹Рижкова А.А., ¹Куц Ю.В., ²Цапенко В.К., ¹Національний авіаційний університет, ² Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Розвиток засобів опрацювання інформаційних сигналів, що входять до складу систем неруйнівного контролю, зумовлює необхідність підвищення точності визначення їх параметрів і характеристик. Часто в методах неруйнівного контролю інформаційним параметром виступає поточна частота модульованого гармонічного сигналу, який спостерігається на фоні шумів.

Оцінити поточне значення частоти можна за фазовою характеристикою сигналу (ФХС). В цифровій обробці сигналів задача визначення ФХС вирішується шляхом застосування дискретного перетворення Гільберта, яке виконується за допомогою оператора $\mathbf{H}_d$. Визначення гільберт-образу $z_n[j] = \mathbf{H}_d(z[j])$, $j = \overline{1, J}$ вхідної вибірки $z[j]$, якою представлений аналізований сигнал, дозволяє обчислити дробову частину дискретної ФХС:

$$\varphi[j] = \arctg\left(\frac{z_n[j]}{z[j]}\right) + \frac{\pi}{2} \{2 - \text{sign } z_n[j](1 + \text{sign } z[j])\},$$

де $\text{sign}[]$ - знакова функція.

Значення поточної частоти сигналу визначається шляхом аналізу розгорнутої ФХС. За відсутності шумів розгортання ФХС здійснюється за результатами аналізу стрибків функції $\varphi[j]$. За співвідношення сигнал/шум $\eta < 10$, процес розгортання ФХС супроводжується виникненням грубих помилок. Для їх уникнення в доповіді запропоновано застосувати до дробової частини ФХС фільтрацію вибіркоким круговим середнім. Поточне значення частоти сигналу визначається за скорегованою ФХС $\Phi[j]$.

Сутність запропонованого способу визначення поточної частоти сигналу полягає в ковзному переміщенні вікна прямокутної форми величиною 2π вздовж значень $\Phi[j]$, знаходженні числа k для якого виконуються умови:

$$\begin{cases} \Phi[j] - \Phi[j - k] \leq 2\pi, \\ \Phi[j] - \Phi[j - k - 1] > 2\pi. \end{cases}$$

Значення поточної частоти дорівнює:

$$f[j] = \frac{1}{kT_d} \frac{\Phi[j] - \Phi[j - k]}{2\pi}.$$

Моделювання запропонованого способу визначення частоти сигналу довело його ефективність. За співвідношення $\eta = 1$ середня відносна похибка визначення поточної частоти не перевищувала $\bar{\gamma}_f = 1,8\%$.

Ключові слова: визначення поточної частоти, перетворення Гільберта.

УДК 621.129

ПРЕЦИЗИЙНЕ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ХВИЛІ РЕЛЕЯ, ЯК МЕТОД КОНТРОЛЮ ВТОМИ МАТЕРІАЛІВ

Маєвський С.М., Карявка А.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Приведений аналіз методів опосередкованого визначення стану втоми матеріалів, визначені зовнішні фактори впливу на стан матеріалу конструкції. Метод контролю степені втоми матеріалу конструкції за зміною фазової швидкості розповсюдження ультразвукових коливань є універсальним методом незалежно від властивостей матеріалів. Метод діагностування втоми матеріалів передбачає прецизійне вимірювання фазової швидкості розповсюдження високочастотного ультразвуку (10 мГц і більше) з метою контролю спаду цієї швидкості, що має місце при початкових явищах критичної втоми матеріалів.

Залежність ультразвукової швидкості від напружень є векторна величина, а вплив втоми на згадану швидкість має скалярний вигляд. Це дозволяє розділити ці впливи при реалізації контролю степені втоми матеріалу.

При вирішенні поставленої задачі контролю втоми матеріалів конструкцій достатньо оцінювати відносне зменшення швидкості ультразвуку, а не вимірювати абсолютне значення цієї швидкості. Такий висновок здатний набагато спростити метод та його реалізацію. Достатньо забезпечити незмінність величини шляху

розповсюдження коливань Релея, не вимірюючи його абсолютного значення. Вимірювання ж відносної зміни часу запізнення коливання зможемо замінити визначенням відносної зміни значення кумулятивного фазового зсуву коливань на незмінному шляху розповсюдження.

Збудження поверхневої хвилі виконується шляхом трансформації повздовжньої хвилі на границі розділу поверхні звукопроводу з оргскла у вигляді призми та поверхні об'єкту контролю розташованих під кутом одна до одної рівним першому критичному куту падіння. Вибір довжини бази вимірювання виконується так, щоб наявність поперечної хвилі у середовищі контрольованого об'єкту не викликала похибок за рахунок реверберацій.

При цьому часовий зсув τ прийнятого ультразвукового коливання становить:

$$\tau = \frac{1}{360^\circ f} (N360^\circ + \varphi^0)$$

Вибором довжини бази вимірювання або частоти коливання забезпечуємо значення фазового зсуву $0 \leq \varphi \leq 90^\circ$. При наявності втоми матеріалу перш за все буде зростати фазовий зсув φ . Так при частоті ультразвуку 10 МГц та фактичній базі вимірювання 20,01 мм спад ультразвукової швидкості на 0,01% приводить до зростання фазового зсуву φ на $7,5^\circ$.

Ключові слова: фазовий зсув, частоти коливання.

УДК 620.179.16

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ІМПУЛЬСНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПРЯМЛЕНОСТІ ФАЗОВАНИХ АНТЕННИХ РЕШІТОК П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

*Гуз Ю.М., Красковський О.П., Мосолаб О.О., Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Підвищення вимог до якості ультразвукового контролю при визначенні дефектів – їх розмірів, характеру і просторового положення, призвело до створення багатoelementних п'єзоелектричних перетворювачів – фазованих антенних решіток (ФАР). Останні, як і всі компоненти вимірювальної системи, повинні відповідати певним метрологічним параметрам. Визначення характеристик п'єзоелектричних перетворювачів виконується згідно ГОСТ 23702-85. Проте, зміст даного стандарту не поширюється на антенні решітки п'єзоелектричних перетворювачів, які мають робочу область в діапазоні від 0,16 МГц до 20 МГц та використовуються в складі ультразвукових приладів та систем неруйнівного контролю з електронним скануванням при луно- та тінювих методах контролю. Тому розробка засобів для вимірювання основних параметрів та характеристик антенних решіток п'єзоперетворювачів при проведенні їх досліджень є однією із основних задач в даній області техніки.

В роботі [1] було запропоновано метод та систему вимірювання просторово-часових характеристик ультразвукових ФАР ПЕП в режимі випромінювання. Розширення режимів функціонування системи можливо за допомогою вимірювань в режимі прийому та режимі випромінювання-прийом. В склад такої системи входить: багатоканальний електронний блок випромінювання та прийому ФАР ПЕП, одноканальний електронний блок випромінювання та прийому точкового ПЕП, механічний сканер з кроковими двигунами, блок керування сканером, комп'ютер з програмним забезпеченням LabVIEW. Для зменшення похибок, спричинених неідентичністю трактів прийому та випромінювання, пропонується використання аналогових інтерфейсних пристроїв та високовольтних генераторів для ультразвукових досліджень фірми Texas Instruments. Ці мікросхеми представляють собою функціонально закінчені блоки, які дозволяють значно зменшити час розробки такої системи. Сканер виконує точне позиціонування перетворювачів на поверхні імітатора середовища у вигляді сталюого півциліндра з точністю $\pm 0,1$ мм. Керування сканером та відображення отриманих результатів відбувається за допомогою комп'ютера.

Ключові слова: фазованна антенна решітка, електронний тракт, генератор

Література:

1. Красковський О.П. Измерение пространственно-временных характеристик ультразвуковых фазированных решеток // Вісник НТУУ «КПІ». Серія: Приладобудування – 2009. – Вип. 38. – С. 51-57.

УДК 620.179

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗДРОТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИХРОСТРУМОВІЙ ДЕФЕКТОСКОПІЇ

Дугін О.Л., Кустовський О.Л., Петрик В.Ф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

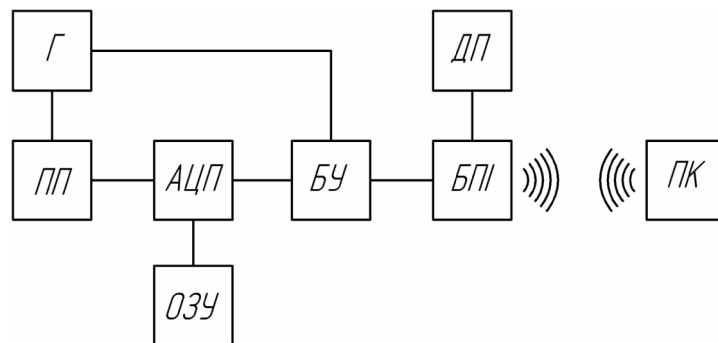
Вихрострумний метод неруйнівного контролю використовується для контролю поверхневого шару металів на наявність в ньому дефектів втоми металу (мікротріщин) та корозії.

Недоліками сучасних промислових вихрострумних дефектоскопів є значні габарити, а також дротове з'єднання первинного перетворювача з дефектоскопом, що дуже незручно при проведенні контролю в важкодоступних місцях. В даній доповіді пропонується структурна схема мобільного вихрострумного дефектоскопу з безпроводною системою передачі даних вимірювань, та вбудованим давачем кута нахилу первинного перетворювача (ПП).

Працює прилад так:

Дефектоскоп, який має в своєму складі первинний перетворювач, генератор (Г), блок управління (БУ), АЦП, датчик положення (ДП), та блок безпроводної

передачі інформації (БП), з'єднується з ПК через Bluetooth. За допомогою програмного забезпечення встановленого на ПК на дефектоскоп подається команда початку контролю. Генератор подає сигнал на випромінюючу котушку ПП, а сигнал прийнятий з приймальної котушки ПП відцифровується за допомогою АЦП та зберігається в ОЗУ. Після цього відцифровані дані, а також дані про положення ПП, передаються на ПК через канал Bluetooth. Програмне забезпечення проводить цифрову обробку прийнятої інформації, при цьому враховуючи дані про просторове положення ПП для компенсації не перпендикулярного розташування ПП відносно поверхні контролю.



Мал.1 «Система бездротового мобільного вихрострумового дефектоскопа»

Прилад компактний, має низьке споживання енергії, а також дуже зручний у використанні завдяки відсутності з'єднувальних кабелів.

Ключові слова: вихрострумовий дефектоскоп, бездротова передача інформації, мобільність.

УДК 621.124.19

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОЛЯ ЭХО-КАНАЛА КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЭХО-АМПЛИТУДНОЙ ДЕФЕКТОМЕТРИИ

Давиденко В.Ф., Баженов В.Г., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

Впервые получена математическая модель энергетического поля эхо-канала на основе интегрирования по Кирхгофу звукового давления от пьезоэлектрического преобразователя, падающего на идеальный эквивалентный отражатель, с учётом диаграмм направленности излучения и отражения. При этом разработаны по три универсальные безразмерные переменные ультразвукового поля для сред без затухания и с затуханием звука, которые вобрали в себя все остальные параметры триады: прибор – преобразователь – объект контроля в виде соответствующих множителей или коэффициентов.

Имея универсальные безразмерные амплитуду, дальность и величину отражателя, удобно исследовать различные математические модели взаимосвязей и поведения переменных относительно друг друга. Удобство таких исследований обеспечивается параметрической

связью между тремя переменными, допускающей независимый выбор функции, аргумента и параметра в диапазоне их возможных значений с любой заданной дискретностью.

Впервые осуществлены математические исследования ранее не известных сторон поля эхо-канала:

- в его втором, после энергетического, геометрическом представлении в полном развороте внешней и внутренней структур ближней и дальней зон поля без учёта и с учётом затухания звука;

- в его граничном представлении, ограниченном предельными размерами эквивалентных отражателей на разных дальностях.

Впервые введена новая важнейшая характеристика поля эхо-канала – его чувствительность (ЧП), которая позволяет исследовать неравномерность распределения по длине поля его важнейшего свойства реагировать на изменения амплитуды эхо-сигналов, дальности или размера отражателей через расчётные ЧП определённого рода при ручном сканировании ОК.

ЧП 1-го рода по-разному реагирует на изменения дальности отражателей разного размера и поэтому позволяет ограничить оптимальный диапазон окон для выделения размеров отражателей желаемого размера с желаемой ЧП.

ЧП 2-го рода с разной скоростью реагирует на разные размеры отражателей на одинаковых дальностях и поэтому позволяет дифференцировать ошибки измерения отражателей на разных дальностях и приводить их к допустимому уровню через скорость (точность) измерения амплитуды эхо-сигналов;

ЧП 3-го рода по-разному реагирует на изменения амплитуды эхо-сигналов на разных дальностях отражателей и позволяет «выдавливает» максимумы ЧП из модифицированных А-сканов при ручном сканировании ОК.

Ключевые слова: энергетическое, геометрическое представления поля, универсальные безразмерные переменные, чувствительности поля 3-х родов.

УДК 621.124.19

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗАТУХАНИЯ ЗВУКА

Давиденко В.Ф., Баженов В.Г., Богдан Г.А., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

Энергетическое уравнение поля эхо-канала в реальной среде имеет вид

$$q = 2 \cdot u \cdot e^{1-2u} \cdot \left(1 - e^{-\frac{v^2}{u^2}}\right)$$

а, исходя из определения вновь введенного понятия, ЧП равна

$$\frac{\partial q}{\partial v} = B = 4 \cdot \frac{v}{u} \cdot e^{1-2u - \frac{v^2}{u^2}} \quad (1)$$

Если подставить физические значения универсальных безразмерных переменных, то формула ЧП приобретёт следующее выражение

$$B = 10,87 \cdot \sqrt{\frac{n \cdot s}{r}} \cdot e^{-\delta \cdot r - n \cdot \frac{s}{r^2}}, \quad (2)$$

где $n = \frac{a^2}{\lambda^2}$ – параметр преобразователя, r – дальность отражателя [мм], S – площадь плоскостного отражателя [мм²], δ – коэффициент затухания звука [1/мм].

Максимальное значение ЧП 1-го рода определяется из условия

$$B_{1max} = \frac{\partial B}{\partial u} = \frac{v^2}{u^2} - u - 0,5 = 0,$$

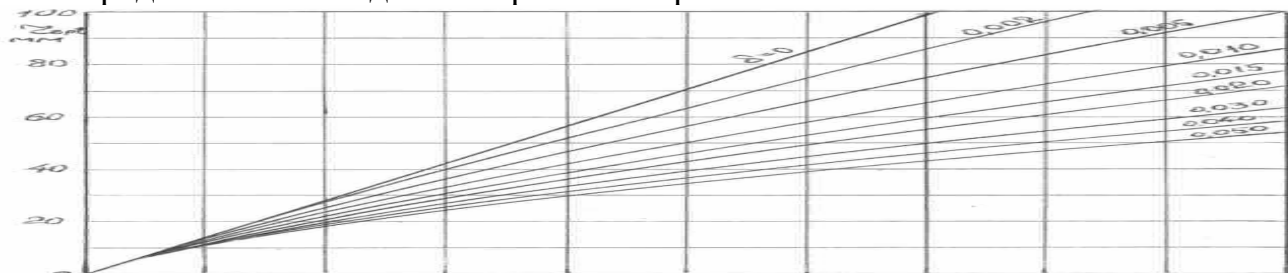
откуда получено не прямое условие оптимума дальности отражателя, имеющее вид

$$v = u_{opt} \cdot \sqrt{u_{opt} + 0,5},$$

выраженный следующим образом через физические величины

$$\sqrt{n \cdot S} = r_{opt} \cdot \sqrt{\delta \cdot r_{opt} + 0,5} \quad (3)$$

и представлено в виде номограммы на рис. 1.



Обобщенный размер эквивалентного отражателя $\sqrt{(n \cdot S)}$ [мм]

Рис. 1. Номограмма оптимальных условий максимума ЧП 1-го рода.

Если выполнить с помощью программного управления измерение ЧП по формуле (2), то перебирая значения δ при разных дальностях r и неизменных других параметрах эксперимента (n , S), можно выйти на такое значение δ , при котором произойдет пересечение вертикальной прямой $\sqrt{(n \cdot S)} = \text{const}$ и горизонтальной прямой r_{opt} с наклонной кривой δ , имеющей такое же значение на приведенной номограмме.

Ключевые слова: чувствительность поля 1-го рода, обобщенный размер эквивалентного отражателя, коэффициент затухания звука.

УДК 53.087.62

АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АКУСТИЧНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ ПРОЦЕСУ САМООРГАНІЗАЦІЇ МАТЕРІАЛІВ ПІД ЧАС СПІКАННЯ

¹Безимьянный Ю.Г., ²Боровик В.Г., ²Солнцев В.П., ¹Адаменко В.О., ¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», ²Інститут проблем матеріалознавства ім. Францевича НАН України, м. Київ, Україна

Однією з основних проблем фізичного матеріалознавства є створення й розробка нових матеріалів, що мають певний комплекс унікальних фізичних властивостей, необхідних в різноманітних галузях господарства. Перспективним є напрям дослідження механізмів гетерогенних процесів самоорганізації матеріалу при високотемпературній взаємодії в неорганічних порошкових системах різної фізико-хімічної природи.

Прикладом є процес окислення пресованих заготовок із порошкової суміші нікелю з ніобієм, в якому демонструється існування нерівноважних фазових

переходів, під час яких змінюється частота та амплітуда коливань сигналів термопари, які не можна пояснити звичайною зміною температури. Великий обсяг накопичених експериментальних даних з реєстрації динаміки температурних полів в зразках порошкових матеріалів в процесах окислення та спікання, дозволяє сподіватись на принципову можливість спостерігати акустичні ефекти, що супроводжують автоколивальні теплові процеси. Реєстрація і спектральний аналіз згаданих акустичних ефектів дозволить встановити межі амплітуд деформацій і частот коливань елементів структури матеріалів в процесі синтезу та контролювати відповідні технологічні процеси.

Для реєстрації згаданих акустичних коливань у звуковому діапазоні частот був зібраний дослідний апаратний комплекс. Він включає в себе зразок, який розташований в одному кінці кварцової трубки. З іншого боку в цю кварцову трубку встановлений електретний мікрофон, який за допомогою кабелю підключено до звукової карти комп'ютера. Кінець кварцової трубки з зразком вставлений в канал муфельної печі через отвір в дверцятах.

В результаті експериментальних випробувань комплексу встановлено, що при окисленні зразків порошкових матеріалів рівень акустичних сигналів у звуковому діапазоні частот не перевищує рівня звичайних побутових завад. Тому, для підвищенні ефективності контролю за акустичними полями в процесі самоорганізації структури матеріалу в подальшому необхідно, в першу чергу, перейти на реєстрацію сигналів в ультразвуковому діапазоні частот. Це потребує застосування більш швидкодіючих пристроїв реєстрування або створення апаратури для перенесення корисних сигналів з ультразвукової області в звукову.

Ключові слова: неруйнівний контроль, акустичне поле, спектральний аналіз, хвильові процеси, порошковий матеріал.

УДК 628.517.2

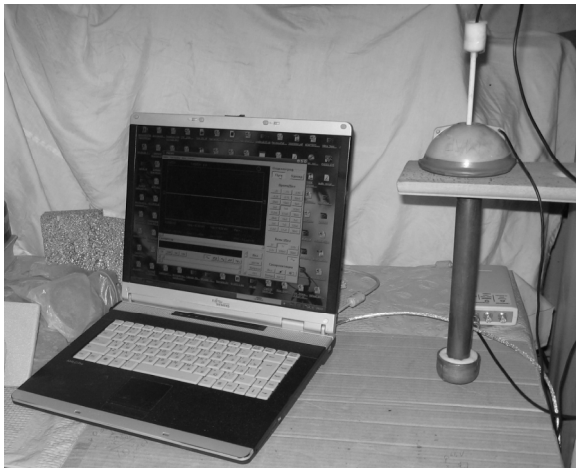
УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

¹Безымянный Ю.Г., ²Высоцкий А.Н., ²Комаров К.А., ¹Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», ²Институт проблем материаловедения им. И.Н.Францевича НАН Украины, м. Київ, Україна

Для снижения вредного воздействия шума на здоровье и жизнедеятельность человека в последние годы производится огромная номенклатура отделочных и конструкционных материалов с повышенными звукоизоляционными свойствами. Материалы данного класса часть звуковой энергии, падающей на их поверхность отражают обратно в пространство, а часть поглощают. Для оценки звукопоглощения материалов рекомендуются стандартизированные методики.

В ИПМ НАНУ для оценки звукопоглощающих свойств материалов собственной разработки была создана экспериментальная установка.

В основу роботи установки положен рекомендований действующим ГОСТ 16297-80 метод измерения коэффициента нормального звукопоглощения материала, основанный на взаимодействии с образцом испытываемого материала падающей плоской звуковой волны и последующем исследовании параметров интерференционного поля в измерительных трубах. Акустическая измерительная камера созданной установки выполнена в соответствии рекомендациям этого стандарта. Для обеспечения испытаний в диапазоне частот 125-8000 Гц она снабжена двумя измерительными трубами. Электронная часть выполнена на базе РС-осциллограф PV6501 и персонального компьютера. Внешний вид установки для измерения звукопоглощения материалов в комплекте с измерительной трубой на диапазон частот 1600-8000 Гц показан на рисунке.



Настройка установки была проведена по стандартным звукопоглощающим материалам. Результаты измерений сопоставлялись с аналогичными литературными данными. Было получено хорошее соответствие. В настоящее время установка используется для определения звукопоглощения в разрабатываемых в ИПМ материалах.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, звукоизоляционные материалы, стоячая волна, плоская волна, коэффициент звукопоглощения, звуковое давление.

УДК 620.179.16

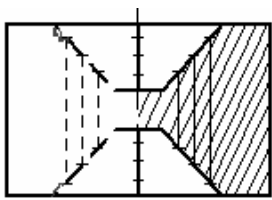
ОСОБЛИВОСТІ АКУСТИЧНОГО ТРАКТУ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПРУЖНОЇ ХВИЛІ ОБ'ЄКТІВ СКЛАДНОЇ ФОРМИ

¹Безимянный Ю.Г., ¹Євко І.Г., ²Комаров К.А., ¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», ²Інститут проблем матеріалознавства ім.І.Н.Францевича НАН України, м.Київ, Україна

Створення матеріалів методами порошкової металургії є складний багатостадійний процес, пов'язаний з формуванням певної структури та властивостей на кожній стадії технологічного процесу. З об'єктивних причин структура та властивості матеріалу після певної стадії формування можуть відхилятися від запрограмованих. Тому, після кожної стадії необхідно знати реальні властивості матеріалу та його об'ємну однорідність. Таку інформацію можна отримати тільки за допомогою неруйнівних методів контролю, у тому числі, за результатами вимірювання швидкості поширення пружної хвилі, оскільки вона природно пов'язана як із структурою, так і з фізико-механічними властивостями матеріалу. Методи вимірювання швидкості поширення пружної

хвилі високоточні і добре відпрацьовані. Але, коли об'єкт контролю має нестандартну форму, виникають певні труднощі вимірювань, які необхідно переборювати з використанням нетрадиційних методів прозвучування зразка. Такі задачі виникають при певних видах формування порошкового матеріалу.

В роботі було проведено дослідження неоднорідності властивостей зразків з порошкового заліза після двох стадій формування: холодного пресування порошків та холодної штамповки спечених пористих заготовок з реалізацією інтенсивних зсувних деформацій. Після першої стадії зразки мали циліндричну форму (див. зовнішні контури зразка на рис.). Вимірювання швидкості поширення у різних частинах таких зразків не мало труднощів. Після другої стадії в центрі зразка з двох боків було зроблено симетричні порожнини у



вигляді усічених конусів (див. рис.). Матеріал став суттєво неоднорідним, особливо у зонах порожнин. Для визначення цієї неоднорідності було розроблено спеціальні у кожному місці прозвучування (на рис. місця прозвучування позначені штриховими лініями) концентратори, адаптованої форми до поверхні і отвору об'єкта досліджень. Розрахунок акустичного тракту було відпрацьовано за методом аналогії зі зразками з відомою швидкістю поширення пружної хвилі. За результатами вимірювань швидкості поширення пружної хвилі було встановлено закономірності розподілу властивостей по об'єму матеріалу на кожній стадії його формування.

Ключові слова: неруйнівний контроль, акустичний тракт, пружна хвиля, швидкість розповсюдження пружної хвилі, порошкові матеріали.

УДК 620.179.16

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДАМИ АКУСТИЧЕСКОЙ ИНТРОСКОПИИ НЕРАВНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

¹Богдан Г.А., ¹Иванюк Н.О., ²Козирацкий Е.А., ²Колесников А.Н. ¹Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», ²Институт проблем материаловедения им. И.Н.Францевича НАН Украины, м.Київ, Україна

При отработке порошковых технологий получения материалов и при производстве изделий из них важной задачей является формирование однородности распределения свойств по объёму материала. Такой разброс свойств обусловлен различием используемых исходных компонентов, особенностями технологий изготовления, сложностью формируемой структуры, неидеальностью технологического оборудования, случайными факторами. Решение этой задачи возможно путём знания реального распределения свойств материала по объёму, учёта причин их неоднородности и внесения коррективов в технологический процесс производства материала.

Работа посвящена експериментальному дослідженню неразрушаючими структурночувствительними імпульсними акустическими методами розподілення по об'єму своїх в образцах порошкових матеріалів, получаемых по разным технологиям и имеющим разные комплексы закладаваемых фізико-механических свойств, обусловленные их целевым назначением.

Объектами исследования были изготовленные в ИПМ НАНУ образцы в виде параллелепипеда различных порошкових матеріалів: высокомодульных (WC-20Co), а так же хорошо проводящих (Cu-30Cr) и (Cu-50W) металлов. Первые два материала были получены по технологии горячего импульсного, а третий – холодного прессования.

Для оценки неравномерности распределения свойств по объёму материала по схеме сквозного прозвучивания на частоте 5 МГц производилось измерение скорости распространения и, по возможности, коэффициента затухания упругой волны в различных направлениях и различных участках образца. Скорость измерялась методом радиоимпульса с дискретной задержкой при использовании ударного возбуждения преобразователя, а затухание – методом калиброванного аттенюатора.

Полученные результаты измерений были сопоставлены с погрешностями определения соответствующих акустических характеристик материалов и были сделаны выводы о недостатках технологий по критерию неравномерности формирования свойств в объёме материала. Для всех исследуемых материалов выявлена анизотропия свойств.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, акустодиагностика, скорость ультразвука, коэффициент затухания, порошковый материал.

УДК 548.539.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УПРУГОСТИ РЕЗИНОПОДОБНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ АКУСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

²⁾Безымянная К.Ю., ²⁾Колесников А.Н., ²⁾Комаров К.А., ²⁾Талько О.В., ¹⁾Богдан Г.А.,

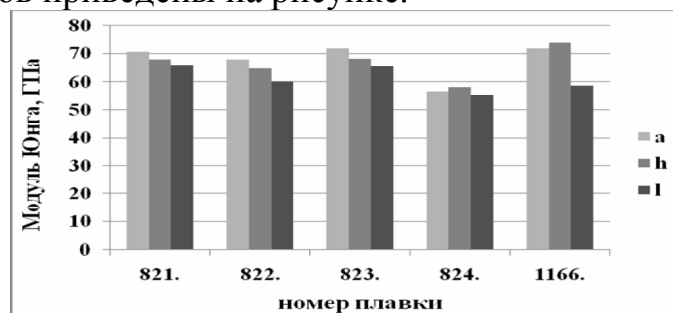
¹⁾Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины,

²⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
г.Киев, Украина

Использование резиноподобных металлов на основе титана – новое и перспективное направление в медицине, связанное с изготовлением трансплантатов. Для обеспечения надежной работы таких изделий важным является знание характеристик упругости материала, из которого изготавливают трансплантат.

В работе проведен анализ экспериментально полученных характеристик упругости изготовленных методом вакуумного литья материалов на основе Ti с разным содержанием β – стабилизирующих добавок.

Для комплексної оцінки характеристик упругості в образцях матеріалів стержневої форми були опробовані різні акустичні методи. Вибір методів і їх параметрів проводився по критерію отримання максимального числа характеристик упругості матеріалу при найменших похибках вимірювань в умовах існуючих реальних образців. Модуль упругості був визначений методом вимушених резонансних продольних коливань по довжині образця. Модулі упругості матеріалу в різних напрямках (a – по ширині, h – по висоті, l – по довжині образця), коефіцієнти Пуассона і модулі зсуву були розраховані за результатами вимірювань швидкостей поширення еластичної хвилі в різних напрямках імпульсним методом за схемою сквозного прозвучування при ударному збудженні в образці продольних еластичних коливань на частоті 5 МГц. Деякі результати розрахунків наведені на малюнку.



В результаті проведених досліджень визначені характеристики упругості досліджуваного матеріалу з урахуванням його складу. Показано, що матеріал має анізотропію характеристик упругості від 4 до 14 % в залежності від плавки.

Ключові слова: модуль упругості, акустичні вимірювання, імпульсний метод, резонансний метод, титановий сплав.

УДК 621.317

УНИВЕРСАЛЬНА ІЗМЕРИТЕЛЬНА СИСТЕМА

Баженов В.Г., Грузин С.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», г.Київ, Україна

На кафедрі ПСНК НТУУ «КПІ» розроблена універсальна вимірельна система, яка включає в себе: Двухканальну плату АЦП; Два блока малошумящих усилителей входных сигналов; Персональний комп'ютер.

Основним блоком є плата АЦП, спроектована і частково змонтована на кафедрі ПСНК Двухканальна плата АЦП складається з двох швидкодіючих 14 розрядних мікросхем АЦП з максимальною частотою дискретизації 100 МГц. Збір і попередня обробка інформації з цих АЦП здійснюється за допомогою мікросхеми типу «PLIS» фірми «XILINX», крім того на платі має дві швидкодіючих мікросхеми ЦАП також управляються мікросхемою «PLIS». Частота дискретизації мікросхем ЦАП

может достигать 100МГц. Данные могут накапливаться в быстродействующих накопительных ОЗУ, после чего данные с них могут передаваться через порт USB2 на персональный компьютер

Диапазон частот входных сигналов АЦП может составлять :0-50МГц. Частоты дискретизации могут выбираться по командам с компьютера: 100МГц, 75МГц, 62.5МГц, 10МГц, 7.5МГц, 6.25МГц, 62.5КГц. Следует отметить, что по желанию оператора эти частоты могут быть изменены путём перепрограммирования PLIS. ОЗУ может накапливать до 256000 выборок по каждому каналу.

На выходах ЦАП имеется возможность синтезировать сигналы любой формы от синусоидальной до самой простейшей прямоугольной с частотами от единиц герц до 50 МГц, причём частоту можно изменять с очень малым дискретом (01Гц), можно задавать программно диапазон, дискрет, и скорость изменения частоты, например для автоматического снятия АЧХ исследуемого объекта. Микросхема «PLIS» платы АЦП может также управлять коэффициентом усиления блока регулируемых высокочастотных усилителей по заданной программе или по командам пульта компьютера. На плате АЦП имеется резервный разъём , выводы которого могут быть запрограммированы для управления или регулирования по заданной программе другими, вспомогательными блоками (не только регулируемые усилителями, например в составе блоков временной регулировки усиления (ВРЧ) или автоматической регулировки усиления (АРУ)), которые по желанию оператора могут быть включены в состав системы.

Блоки усилителей состоят из двух малошумящих усилителей:

1-й представляет собой регулируемый усилитель высокочастотный (полоса может быть до 100МГц). Максимальный коэффициент усиления составляет 55.5дб, диапазон изменения коэффициента усиления (электронное управление) составляет 48дб .

2-й представляет собой малошумящий усилитель с очень большим входным сопротивлением около 100 ТОм и коэффициентом усиления 80 дб. (управление ручное).

С помощью программного обеспечения установленного на компьютере можно производить визуализацию измеряемых процессов по следующим программам:

1. Осциллограф; 2. Анализатор спектра; 3. Коррелометр; 4. Измеритель АЧХ; 5.Измеритель-регистратор изменений интенсивности принимаемого сигнала по времени. Причём имеется возможность запоминать измеряемые процессы. При работе в режиме анализатора спектра можно не только запоминать измеряемые спектры амплитуд и фаз, но и производить вычитание спектров, т.е. производить визуализацию разницы спектров сигналов полученных в разные моменты времени.

Ключевые слова: измерительная система, АЦП, ЦАП, усилители, визуализация, осциллограф, анализатор спектра, коррелометр, измеритель АЧХ, измеритель-регистратор.